

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-036994

(43)Date of publication of application : 09.02.1999

(51)Int.Cl.

F02M 25/07

F02M 25/07

F02B 37/00

F02D 23/00

F02D 23/02

F02D 41/02

F02D 41/14

F02D 43/00

(21)Application number : 09-192342

(71)Applicant : MAZDA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 17.07.1997

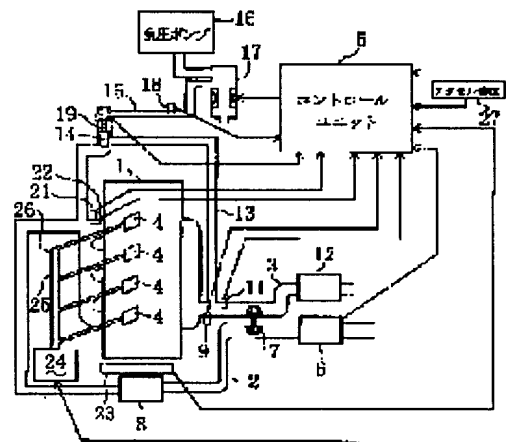
(72)Inventor : SAITO TOMOAKI  
HAYASHIBARA HIROSHI  
SEO NOBUHIDE  
IIDA KATSUYOSHI  
ARAKI KEIJI

## (54) EXHAUST REFLUX CONTROLLER OF DIRECT INJECTION TYPE ENGINE WITH TURBOCHARGER

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent an air fuel ratio from being rich in excess, and to prevent the increase of the generation of smoke by comprising a controlling means for controlling the operation of an exhaust reflux adjusting means to obtain a target air fuel ratio, on the basis of the intake air flow and the fuel injection amount, when an engine is operated in a supercharging condition.

**SOLUTION:** An object to be controlled is an EGR valve 14, a VGT 7, and a fuel injection valve 4, and the control thereof is executed by a control program electronically stored in a memory of a control unit 5. When the operating state of an engine is transferred from a stationary state to an accelerating state, a target EGR valve manipulated variable is changed corresponding to the acceleration coefficient and the magnitude of TA/F, and the opening of the EGR valve 14 becomes zero when the acceleration coefficient is large. The control for giving preset is performed to the EGR valve 14. By making the opening of the EGR valve 14 zero, and not performing the exhaust reflux, the intake air flow of each cylinder is increased, so that the increase of the smoke can be prevented even when the fuel injection amount is increased.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It has the exhaust air reflux path which makes the downstream flow back rather than the part in which a part of exhaust air was taken out from the upstream, and Blois of this turbosupercharger was arranged rather than the part in which the turbine of the turbosupercharger using engine exhaust air and this turbosupercharger of a flueway was arranged. And it sets to the exhaust air reflux control unit of the direct fuel-injection engine with a turbosupercharger with which the injection quantity of the fuel to a combustion chamber is determined based on an accelerator control input. The sensor for detecting the inhalation air content prepared in the above-mentioned inhalation-of-air path, and a means to calculate the above-mentioned fuel oil consumption, A means to adjust to a linear the amount of exhaust air reflux prepared in the above-mentioned exhaust air reflux path, A means to distinguish whether it is in the operational status which an engine supercharges by the above-mentioned turbosupercharger, a means to set up a target air-fuel ratio in case an engine is in the above-mentioned supercharge operational status, and when an engine is in the above-mentioned supercharge operational status The exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger characterized by having the control means which controls actuation of the above-mentioned amount accommodation means of exhaust air reflux to become the air-fuel ratio made into the above-mentioned target based on the above-mentioned inhalation air content and fuel oil consumption.

[Claim 2] In the exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger indicated by claim 1 Furthermore, it has a means to set up a target air-fuel ratio in case an engine is in the steady operation condition of low loading thru/or an inside load. A means to set up the target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned supercharge is what sets up a target air-fuel ratio when an engine goes into the above-mentioned supercharge operational status from the above-mentioned steady operation condition. Feedback control of the actuation of the above-mentioned amount accommodation means of exhaust air reflux is carried out so that it may serve as a target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned stationary, when the above-mentioned control means has an engine in the steady operation condition of low loading thru/or an inside load. The exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger characterized by carrying out feedback control of the actuation of the above-mentioned amount accommodation means of exhaust air reflux so that it may become a target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned supercharge, when an engine goes into the above-mentioned supercharge operational status from this steady operation condition.

[Claim 3] The exhaust-air reflux control device of the direct injection type engine with a turbosupercharger with which a means to set up the target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned supercharge is characterized by setting up Lean's target air-fuel ratio rather than the target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned stationary in the exhaust air reflux control device of the direct injection type engine with a turbosupercharger indicated by claim 2 when an engine goes into the above-mentioned supercharge operational status from the above-mentioned steady operation condition.

[Claim 4] The exhaust air reflux control device of the direct injection type engine with a turbosupercharger characterized by having a means to control the increase in quantity of fuel oil consumption to increase of the above-mentioned accelerator control input when an engine goes into the above-mentioned supercharge operational status from the above-mentioned steady operation condition in the exhaust air reflux control device of the direct injection type engine with a turbosupercharger indicated by claim 3.

[Claim 5] The exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger characterized by being what defines the upper limit of fuel oil consumption according to an inhalation air content in the exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger

indicated by claim 4 so that the increase-in-quantity control means of the above-mentioned fuel oil consumption may not exceed the predetermined marginal air-fuel ratio by the side of rich rather than the target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned stationary.

[Claim 6] In the exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger indicated by claim 3 Until an air-fuel ratio approaches the target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned supercharge more than predetermined level, when an engine goes [ the above-mentioned control means ] into the above-mentioned supercharge operational status from the above-mentioned steady operation condition The exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger characterized by the thing by this target air-fuel ratio for which the above-mentioned amount accommodation means of exhaust air reflux is operated so that the amount of exhaust air reflux may decrease, or so that it may become zero \*\*.

[Claim 7] In the exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger indicated by claim 2 Furthermore, a means to adjust fuel oil consumption and a means to set up a target air-fuel ratio for the target air-fuel ratio for the above-mentioned exhaust air reflux control to control fuel oil consumption independently at the time of the above-mentioned supercharge, The exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger characterized by having the fuel-oil-consumption control means which carries out feedback control of the actuation of the above-mentioned fuel-oil-consumption accommodation means so that it may become a target air-fuel ratio for the above-mentioned fuel-oil-consumption control in parallel to the above-mentioned exhaust air reflux control at the time of the above-mentioned supercharge.

[Claim 8] The exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger characterized by setting the target air-fuel ratio for the fuel-oil-consumption control at the time of the above-mentioned supercharge to a rich side rather than the target air-fuel ratio for the exhaust air reflux control at the time of the above-mentioned supercharge in the exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger indicated by claim 7.

[Claim 9] The exhaust-air reflux control unit of the direct-injection type engine with a turbosupercharger characterized by for the target air-fuel ratio for the fuel-oil-consumption control at the time of the above-mentioned supercharge to be set to a rich side rather than the target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned stationary, and to be set the target air-fuel ratio for the exhaust-air reflux control at the time of the above-mentioned supercharge to a Lean side rather than the target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned stationary in the exhaust-air reflux control unit of the direct-injection type engine with a turbosupercharger indicated by claim 8.

[Claim 10] The exhaust-air reflux control device of the direct injection type engine with a turbosupercharger characterized by to be an air-fuel ratio in case this amount of smokes when the target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned stationary sees the change property that the amount of smokes in exhaust gas increases in connection with an air-fuel ratio becoming rich, in the exhaust air reflux control device of the direct injection type engine with a turbosupercharger indicated by any 1 of claim 2 thru/or claims 9 changes from slowly-increasing to rapid increase.

[Claim 11] The exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger characterized by the target air-fuel ratio at the time of the stationary of each above-mentioned gas column being abbreviation identitas in the exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger indicated by claim 10.

[Claim 12] The exhaust air reflux control device of the direct injection type engine with a turbosupercharger which the above-mentioned turbosupercharger is the variable geometry mold which can change the A/R in the exhaust air reflux control device of the direct injection type engine with a turbosupercharger indicated by any 1 of claim 2 thru/or claims 11, and is characterized by making small A/R when an engine goes into supercharge operational status from a steady operation condition.

[Claim 13] In the exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger indicated by claim 2 The path in which the linear closing motion valve which can adjust opening to a linear was prepared as the above-mentioned exhaust air reflux path, When it has by making juxtaposition the path in which the on-off closing motion valve changed to two open and close locations was prepared and an engine has the above-mentioned control means in a steady operation condition By making open the above-mentioned on-off closing motion valve, feedback control of the opening of the above-mentioned linear closing motion valve is carried out so that it may become a target air-fuel ratio. The exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger characterized by controlling the above-mentioned on-off closing motion valve to close when an engine goes into supercharge operational

status from a steady operation condition.

[Claim 14] In the exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger indicated by claim 2 When the linear closing motion valve which can adjust opening to a linear, and the on-off closing motion valve changed to two open and close locations are prepared in the above-mentioned exhaust air reflux path at the serial and an engine has the above-mentioned control means in a steady operation condition By making open the above-mentioned on-off closing motion valve, feedback control of the opening of the above-mentioned linear closing motion valve is carried out so that it may become a target air-fuel ratio. The exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger characterized by controlling the above-mentioned on-off closing motion valve to close until an air-fuel ratio approaches the target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned supercharge more than predetermined level, when an engine goes into supercharge operational status from a steady operation condition.

[Claim 15] The exhaust-air reflux control unit of the direct-injection type engine with a turbosupercharger characterized by to have a presetting oppression means the above-mentioned amount accommodation means of exhaust-air reflux is the diaphragm-type closing-motion valve prepared in the above-mentioned exhaust-air reflux path in the exhaust-air reflux control unit of the direct-injection type engine with a turbosupercharger indicated by claim 1 or claim 2, and give predetermined presetting \*\* to the pressure room of this closing-motion valve when the opening of the above-mentioned closing-motion valve is zero.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger carried in an automobile etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to decrease NOx under exhaust air (nitrogen oxides) about the exhaust air reflux control unit of a diesel power plant with a supercharger, adjusting the excess air ratio  $\lambda$  of inhalation of air (new mind) is indicated by adjusting the amount of exhaust air reflux by JP,63-50544,B.

[0003] About the exhaust air reflux control unit of a multiple cylinder engine, in JP,6-229322,A, an inhalation air content is detected for every gas column, and adjusting the amount of exhaust air reflux according to this inhalation air content is indicated. It is made for this not to produce dispersion to the rate (the amount of  $=\text{EGR(s)} / \text{inhalation air content}$ ) of EGR (exhaust air reflux) between gas columns, that is, it makes the EGR rate of each gas column the same.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] by the way, a diesel power plant -- an air-fuel ratio -- rather -- Lean (thin) -- since it is operated in the condition, the discharge of NOx increases. To this problem, it can be coped with by making [ many ] the amount of exhaust air reflux, and, thereby, NOx can be reduced. However, if the amount of exhaust air reflux is made [ many ], in order that the air content under inhalation of air may decrease by that, the amount of smokes under exhaust air increases. So much, I hear that the air-fuel ratio is changing to the rich side, and that the air content under inhalation of air decreases has it.

[0005] On the other hand, as a result of investigating the relation between an air-fuel ratio and the amount of smokes, this invention person found out that the amount of smokes increased suddenly, when the value with an air-fuel ratio was exceeded. Therefore, in order to reconcile reduction of Above NOx, and reduction of a smoke, it can be said that it is desirable to control the amount of exhaust air reflux as much as possible for the purpose of the air-fuel ratio by the side of rich before the amount of smokes begins to increase rapidly.

[0006] However, since the exhaust air energy given to a turbosupercharger in the state of steady operation which is making a lot of exhaust air flow back in an inhalation-of-air system has decreased in the case of the diesel power plant with a turbosupercharger, even if it goes into a supercharge field by treading in of an accelerator pedal from this operational status, the supercharge effectiveness of \*\*\*\*\* is not acquired immediately.

[0007] The problem in that case is for the amount of smokes under exhaust air to increase rapidly while an air-fuel ratio will be in a quite rich condition, an engine output will decline temporarily and the so-called turbo lag will become large, in order that supercharge may be overdue although fuel oil consumption increases by that if it gets into an accelerator pedal. And when an engine output does not rise promptly in this way, an operator will break in an accelerator pedal further, a turbo lag will be promoted, and a vicious circle called the fall of accelerator treading-in -> engine power and increase -> accelerator treading in of the amount of smokes may be caused.

[0008]

[Means for Solving the Problem] So, when an engine is in the supercharge operational status which supercharges by the turbosupercharger, the suitable air-fuel ratio which does not produce the problem like \*\*\*\* is set up, and it is made to control exhaust air reflux by invention of this application for the purpose of this air-fuel ratio.

[0009] Namely, the turbosupercharger for which the invention uses engine exhaust air, It has the exhaust air

reflux path which makes the downstream flow back rather than the part in which a part of exhaust air was taken out from the upstream, and Blois of this turbosupercharger was arranged rather than the part in which the turbine of this turbosupercharger of a flueway was arranged. And it sets to the exhaust air reflux control unit of the direct injection type engine with a turbosupercharger with which the injection quantity of the fuel to a combustion chamber is determined based on an accelerator control input. The sensor for detecting the inhalation air content prepared in the above-mentioned inhalation-of-air path, and a means to calculate the above-mentioned fuel oil consumption, A means to adjust to a linear the amount of exhaust air reflux prepared in the above-mentioned exhaust air reflux path, A means to distinguish whether it is in the supercharge operational status which an engine supercharges by the above-mentioned turbosupercharger, a means to set up a target air-fuel ratio in case an engine is in supercharge operational status, and when an engine is in the above-mentioned supercharge operational status It is characterized by having the control means which controls actuation of the above-mentioned amount accommodation means of exhaust air reflux to become the air-fuel ratio made into the above-mentioned target based on the above-mentioned inhalation air content and fuel oil consumption.

[0010] Therefore, since a target air-fuel ratio is defined and the amount of exhaust air reflux is controlled when an engine is in the operational status which supercharges by the turbosupercharger, it is avoidable that an air-fuel ratio becomes rich too much with increase in quantity of fuel oil consumption at the time of the supercharge concerned. That is, even when the exhaust-air energy which flows back and gives a lot of exhaust air to a turbosupercharger by that that reduction should be reduced for NOx and the smoke under exhaust air before supercharge has decreased, it becomes possible by decreasing the amount of exhaust air reflux and increasing an inhalation air content relatively by the Air Fuel Ratio Control concerned, to prevent the increase of a smoked yield and the fall of engine power accompanying fuel-oil-consumption increase in quantity, and to raise acceleration responsibility.

[0011] - About the sensor for detecting the - above-mentioned inhalation air content about an inhalation air content detection sensor, the sensor which detects the air flow rate or pressure-of-induction-pipe force of an inhalation-of-air path can be adopted, and an inhalation air content can be calculated based on the output from the sensor. When the pressure-of-induction-pipe force is detected, an inhalation air content will be calculated based on this and an engine speed.

[0012] As a sensor which detects the above-mentioned air flow rate, it is suitable to adopt a mold hot-film type intake air flow sensor whenever [ constant temperature ]. Since the heat loss from outside of furnace walls of the hot film by which this is heated by energization is dependent on the mass of the air which passes through that, it calculates an air flow rate based on the amount of energization required in order to maintain this hot melt at constant temperature. According to this, even if there is rate-of-flow fluctuation, an air flow rate can be caught certainly.

[0013] Whenever [ above-mentioned constant temperature ] as a mold hot-film type intake air flow sensor It has the hot film arranged at the upstream and the downstream on both sides of the heater arranged so that it might intersect perpendicularly with an inhalation-of-air flow direction at an inhalation-of-air path, and this heater. The back flow detection mold which detects a back flow based on the height of the temperature of both hot films is suitable, and only the air flow rate of the forward direction which flows in a gas column by this can be measured, and it can avoid that the error by back flow starts control of the amount of exhaust air reflux.

[0014] It is O2 under exhaust air here. O2 which detects concentration Although the sensor is formed in the flueway, it can ask for the air-fuel ratio at that time from the output of this sensor and an inhalation air content can also be calculated based on this air-fuel ratio and fuel oil consumption, it is not fit for exhaust air reflux control of a transient to which a front inhalation air content can be found and a two cycle performs the supercharge by the turbosupercharger in that case. On the other hand, the inhalation air content before combustion is measurable, it can be made to be able to respond to change of an inhalation air content in the case of the sensor of the above-mentioned inhalation-of-air path, it can control the amount of exhaust air reflux with sufficient responsibility, and becomes advantageous to Above NOx and positive reduction of a smoke.

[0015] A means to set up a target air-fuel ratio in case - engine is in the steady operation condition of low loading thru/or an inside load is established about exhaust air reflux control of a transient. - With the target air-fuel ratio setting means at the time of the above-mentioned supercharge When an engine goes into the above-mentioned supercharge operational status from the above-mentioned steady operation condition, the target air-fuel ratio at the time of supercharge is set up. Feedback control of the actuation of the above-mentioned amount accommodation means of exhaust air reflux is carried out so that it may become a target

air-fuel ratio at the time of the above-mentioned stationary, when an engine is in the steady operation condition of low loading thru/or an inside load. When an engine goes into the above-mentioned supercharge operational status from this steady operation condition, it is suitable to carry out feedback control of the actuation of the above-mentioned amount accommodation means of exhaust air reflux so that it may become a target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned supercharge.

[0016] That is, at the time of an engine being in a steady operation condition, and the transient which went into supercharge operational status from there, by the time of steady operation, the properties for which an engine is asked differ, and it becomes an important technical problem to reduce NOx under exhaust air and the amount of a smoke, and by the transient, it becomes an important technical problem to raise engine power promptly, suppressing increase of NOx and a smoke. Therefore, this technical problem is solvable by making the target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned stationary, and the target air-fuel ratio of a transient into a different thing.

[0017] When an engine goes into the above-mentioned supercharge operational status from the above-mentioned steady operation condition, it is suitable to set a target air-fuel ratio as Lean rather than the target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned stationary. That is, if a target air-fuel ratio is set as Lean the place where a transient is asked for an inhalation air content increasing so that increase of fuel oil consumption may be balanced, since it will become control of the direction where the amount of exhaust air reflux decreases, it is for the part and an inhalation air content to increase.

[0018] Moreover, since acceleration responsibility increases, it can shift to a steady operation condition at an early stage and a lot of exhaust air reflux can be performed even if an air-fuel ratio becomes Lean temporarily and an NOx yield increases, if it sees on the whole, an NOx discharge will decrease.

[0019] - It is suitable to establish a means to control the increase in quantity of fuel oil consumption to increase of the above-mentioned accelerator control input when the increase-in-quantity control-engine of the fuel oil consumption of a transient goes into the above-mentioned supercharge operational status from the above-mentioned steady operation condition. That is, by feedback control, even if it performs exhaust air reflux control so that it may become a target air-fuel ratio like \*\*\*\*, since an inhalation air content cannot be made to increase rapidly, if fuel oil consumption increases rapidly with increase of an accelerator control input, an air-fuel ratio cannot become rich too much, and the desired end cannot be attained. Then, increase in quantity of fuel oil consumption when an engine goes into supercharge operational status from a steady operation condition is controlled.

[0020] As an increase-in-quantity control means of such fuel oil consumption, it is suitable that it is what defines the upper limit of fuel oil consumption according to an inhalation air content so that the predetermined marginal air-fuel ratio by the side of rich may not be exceeded rather than the target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned stationary.

[0021] That is, although it becomes disadvantageous for making it a problem here to define the upper limit of fuel oil consumption by relation with an air-fuel ratio since it is that an air-fuel ratio becomes rich too much, and to have set the marginal air-fuel ratio for it to a rich side rather than the target air-fuel ratio at the time of a stationary in respect of calling it control of smoked generating, it is because the acceleration demand by increase in quantity of a fuel exists as a premise. And since it will shift to a steady operation condition at an early stage when acceleration nature improves even if an air-fuel ratio becomes rich temporarily, if it sees on the whole, it is avoidable that a smoked yield increases. Therefore, it is necessary to set up a marginal air-fuel ratio richly in the range which can fill an acceleration demand.

[0022] - It is suitable in the thing by this target air-fuel ratio for which the above-mentioned amount accommodation means of exhaust air reflux is operated so that the amount of exhaust air reflux may decrease, or so that it may become with zero \*\* until an air-fuel ratio approaches the target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned supercharge more than predetermined level, when the compulsive reduction-above-mentioned engine of the amount of exhaust air reflux goes into the above-mentioned supercharge operational status from the steady operation condition of low loading thru/or an inside load.

[0023] That is, since the amount of exhaust air reflux cannot be made to decrease rapidly when an engine goes into supercharge operational status from a steady operation condition even if it performs feedback control of exhaust air reflux so that it may become a target air-fuel ratio, an inhalation air content is made to increase rapidly by decreasing this compulsorily.

[0024] - It is suitable in preparing a means set up the target air-fuel ratio for the target air-fuel ratio for the above-mentioned exhaust-air reflux control controlling fuel oil consumption independently, and the fuel-oil-consumption control means carry out feedback control in actuation of the above-mentioned fuel-oil-consumption accommodation means so that it may become in parallel to the above-mentioned exhaust-air

reflux control at the time of the above-mentioned supercharge with the target air-fuel ratio for the above-mentioned fuel-oil-consumption control at the exhaust-air reflux at the time of supercharge, a means adjust the concurrency control-fuel oil consumption of fuel injection, and the time of the above-mentioned supercharge.

[0025] That is, although it is necessary to increase fuel oil consumption in connection with treading in of an accelerator pedal at the time of supercharge (transient), as for the air-fuel ratio made into the target in that case, apart from the case of control of the amount of exhaust air reflux, it is desirable to set up from a viewpoint of improvement in acceleration nature.

[0026] About the target air-fuel ratio for the fuel-oil-consumption control at the time of such supercharge, it is desirable from a viewpoint of improvement in acceleration nature to set this to a rich side rather than the target air-fuel ratio for the exhaust air reflux control at the time of the above-mentioned supercharge. However, since it will become disadvantageous from a viewpoint of improvement in engine power while the amount of smokes increases too much by incomplete combustion if this target air-fuel ratio is set to a rich side too much, it is necessary to set to a rich side in the range which is range where the amount of smokes does not become superfluous, and does not have trouble in improvement in engine power.

[0027] Moreover, it is suitable that the target air-fuel ratio for the fuel-oil-consumption control at the time of the above-mentioned supercharge is set to a rich side rather than the target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned stationary, and the target air-fuel ratio for the exhaust air reflux control at the time of the above-mentioned supercharge is set to the Lean side rather than the target air-fuel ratio at the time of the above-mentioned stationary.

[0028] Increase of the engine power by increase in quantity of a fuel can be aimed at, lowering the amount of exhaust air reflux and aiming at increase of an inhalation air content, and increase of the exhaust air energy given to a supercharger by this.

[0029] - Target air-fuel ratio for the exhaust air reflux control at the time of a stationary - About the target air-fuel ratio at the time of this stationary, it is suitable to set it as an air-fuel ratio in case this amount of smokes when seeing the change property that the amount of smokes in exhaust gas increases in connection with an air-fuel ratio becoming rich changes from slowly-increasing to rapid increase. That is, thereby, NOx reduction and reduction of the amount of smokes can be reconciled.

[0030] Moreover, the target air-fuel ratio at the time of the stationary of each gas column can be made into abbreviation identitas. Even if this point is the case of the object for the exhaust air reflux control at the time of supercharge, and the target air-fuel ratio for fuel-oil-consumption control, it is the same. Perfect identitas is included with abbreviation identitas. If an inhalation air content is detected for every gas column and the amount of exhaust air reflux is controlled for every gas column, each gas column is controllable to the air-fuel ratio of the abbreviation identitas which the above-mentioned coexistence can plan.

[0031] - It is suitable to make small A/R when the variable geometry mold turbosupercharger which can change the A/R is adopted as the VGT control-above-mentioned turbosupercharger and an engine goes into supercharge operational status from a steady operation condition compulsorily temporarily.

[0032] That is, when an engine is in a steady operation condition, the exhaust air energy which a lot of exhaust air is made to flow back, and is given to a turbosupercharger has decreased, and even if it supercharges in this condition, prompt increase of an inhalation air content cannot be desired. Then, supercharge effectiveness is raised as if above-mentioned A/R is made small, be alike, and when an air-fuel ratio approaches a target air-fuel ratio more than predetermined level, reduction control of A/R is canceled.

[0033] - The path in which the linear closing motion valve which can adjust opening to a linear was prepared as a parallel-arrangement-above-mentioned exhaust air reflux path of the closing motion valve for exhaust air reflux, When the path in which the on-off closing motion valve changed to two open and close locations was prepared is established in juxtaposition and an engine is in a steady operation condition When feedback control of the opening of the above-mentioned linear closing motion valve is carried out so that it may become a target air-fuel ratio by making open the above-mentioned on-off closing motion valve, and an engine goes into supercharge operational status from a steady operation condition, it is suitable to control the above-mentioned on-off closing motion valve to close.

[0034] That is, if the opening of a linear closing motion valve is controlled for an on-off closing motion valve as open when an engine is in a steady operation condition, by these two paths, a lot of exhaust air can be made to flow back, and it will become advantageous to reduction of NOx. On the other hand, since the above-mentioned on-off closing motion valve serves as close when an engine goes into supercharge operational status, the amount of exhaust air reflux can be made to be able to decrease rapidly, and inhalation inspired air volume can be made to increase rapidly by that.



[0035] - When the linear closing motion valve which can adjust opening at a linear to the serial arrangement-above-mentioned exhaust air reflux path of the closing motion valve for exhaust air reflux, and the on-off closing motion valve changed to two open and close locations are arranged to a serial and an engine is in a steady operation condition When feedback control of the opening of the above-mentioned linear closing motion valve is carried out by having made open the above-mentioned on-off closing motion valve so that it may become a target air-fuel ratio, and an engine goes into the operational status of supercharge from a steady operation condition, it is suitable to control the above-mentioned on-off closing motion valve to close.

[0036] That is, when an engine is in a steady operation condition, feedback control planned by the linear closing motion valve can be performed, and since exhaust air reflux is stopped by close [ of an on-off closing motion valve ] when it goes into supercharge operational status, an inhalation air content can be made to increase rapidly.

[0037] - When it considers as the diaphragm-type closing motion valve in which the amount accommodation means of presetting-above-mentioned exhaust air reflux of the closing motion valve for exhaust air reflux was formed at the above-mentioned exhaust air reflux path, and the opening is zero, it is suitable to form a presetting oppression means to give predetermined presetting \*\* in the pressure room of the closing motion valve concerned.

[0038] That is, it is necessary to adopt the big pipe of an aperture in order to enlarge path cross-section area of an exhaust air reflux path for performing a lot of exhaust air reflux at the time of steady operation. Therefore, the valve body becomes large-sized, and it is necessary to enable it to push a valve body by the big spring force to a valve seat for a failsafe when abnormalities occur in the driving means so that a valve body may not move carelessly in the state of a closedown if it is in a diaphragm-type closing motion valve (for example, when the negative pressure for actuation is no longer obtained). However, once that makes the closing motion valve concerned close in always [ forward ], by the time it obtains the pressure which overcomes the spring force concerned in order to make this open, it will require time amount. Now, when an engine will be in supercharge operational status and the closing motion valve concerned is returned from supercharge operational status to a steady operation condition after \*\*\*\*\* close, before resuming exhaust air reflux, time amount will be taken, exhaust air reflux cannot be performed in the meantime, and the yield of NOx increases.

[0039] Then, as presetting is given to a diaphragm-type closing motion valve, it enables it to make this closing motion valve open in the invention concerned by some pressure buildups (if it to be a negative pressure corresponding movement type rise of the magnitude of negative pressure).

[0040]

[Effect of the Invention] Therefore, when an engine is in the supercharge operational status by the turbosupercharger according to this invention Since the amount of exhaust air reflux was adjusted based on an inhalation air content and fuel oil consumption so that it might become a target air-fuel ratio A lot of exhaust air is flowed back that reduction should be reduced for NOx and the smoke under exhaust air before supercharge. By decreasing the amount of exhaust air reflux and increasing an inhalation air content by the Air Fuel Ratio Control concerned, even when the exhaust air energy given to a turbosupercharger by that has decreased It becomes possible to avoid that an air-fuel ratio becomes rich too much with increase in quantity of fuel oil consumption at the time of the supercharge concerned, to prevent increase of a smoked yield, and the fall of engine power, and to raise acceleration responsibility.

[0041] Moreover, according to what controlled fuel oil consumption to become a target air-fuel ratio in parallel to the above-mentioned exhaust air reflux control at the time of supercharge, it becomes advantageous to improvement in acceleration nature.

[0042]

[Embodiment of the Invention]

In <engine configuration> drawing 1 , the engine of the 4-cylinder diesel power plant as a direct injection type engine with which 1 is carried in an automobile, the fuel injection valve to which an inhalation-of-air path and 3 inject a flueway to the combustion chamber of each gas column, and, as for 4, 2 injects a fuel, and 5 are control units (computer control means). An intake air flow sensor 6, a supercharger (VGT) 7, and an intercooler 8 are formed in the inhalation-of-air path 2 sequentially from the upstream, and it branches at a down-stream edge, and connects with each gas column. In a flueway 3, it is O<sub>2</sub> from the set section to the downstream. The sensor 9, the exhaust-pressure sensor 11, the above-mentioned supercharger 7, and the catalytic converter (KYATA) 12 are formed.

[0043] The inhalation-of-air path 2 and a flueway 3 are connected by the EGR path 13 which extends from

the downstream and results in the set section of the inhalation-of-air path 2 rather than the supercharger 7 of a flueway 3, and the EGR valve 14 of the negative pressure actuation type which adjusts the amount of exhaust air reflux is formed in this EGR path 13. That is, the negative pressure pump 16 is connected to the EGR valve 14 through the negative pressure path 15, and the solenoid valve 17 and the negative pressure sensor 18 for negative pressure control are formed in this negative pressure path 15. The lift sensor 19 which detects the amount of lifts is formed in the EGR valve 14. The intake-pressure sensor 21 and an intake temperature sensor 22 are formed in the set section of the inhalation-of-air path 2, and the sensor 23 which detects whenever [ crank angle ] is formed in the engine crankshaft. This sensor 23 is used also for distinction of a gas column, and detection of an engine speed.

[0044] The fuel injection pump 24 is connected to the fuel injection valve 5 of each gas column through the fuel path. The sensor 26 which detects the supply pressure of a fuel is formed in the common rail (common way) 25 of a fuel path. 27 is an accelerator opening sensor which detects the amount of treading in of an accelerator pedal.

[0045] - As an EGR valve and a supercharger are shown in - drawing 2 , valve rod 14b is fixed to diaphragm 14a which divides the valve box of the EGR valve 14, and valve body 14c which adjusts the opening of the EGR path 13 to a linear, and the lift sensor 19 are formed in the both ends of this valve rod 14b. Valve body 14c is energized by spring 14d in the closed direction. The negative pressure path 15 is connected to the negative pressure room of a valve box. When the solenoid valve 17 formed in this negative pressure path 15 opens for free passage and intercepts the negative pressure path 15 with the control signal (current) from a control unit 5, the EGR valve drive negative pressure of a negative pressure room will be adjusted, and the opening of the EGR path 13 by valve body 14c will be adjusted by this at a linear.

[0046] That is, EGR valve drive negative pressure becomes large as are shown in drawing 3 and a current becomes large (getting it blocked and a pressure becoming low), and as shown in drawing 4 , in proportion to EGR valve drive negative pressure, the amount of lifts of EGR valve body 14c changes. However, a hysteresis is seen.

[0047] A turbosupercharger 7 is for supercharging at the time of engine acceleration, when it is in a predetermined operating range thru/or operational status, such as the time of heavy load operation. As shown in drawing 5 and drawing 6 , it is VGT (variable geometry turbo) by which flap 7b to which the radial location R is changed is prepared in it rotatable in the inlet port at the same time it changes the cross section A of this inlet port to the inlet port of the turbine room 7a. Supercharge effectiveness will become low, if flap 7b is positioned so that the tip may visit the core of turbine room 7a and A/R is enlarged, as are shown in drawing 5 , and flap 7b is positioned so that the tip may approach the peripheral wall of turbine room 7a, supercharge effectiveness becomes high when A/R is made small, and shown in drawing 6 .

[0048] The objects which should be carried out the <control-system whole configuration of direct injection type engine> control are an EGR valve (control valve of the exhaust air reflux path supplied to an inhalation-of-air path from a flueway), VGT, and a fuel injection valve. These control is performed by the control program electronically stored on the memory of the above-mentioned control unit 5.

[0049] - When the deflection from the average inhalation air content of the EGR rate (= as for an EGR rate, the amount of EGR(s) / total displacement, and the rate of the amount of displacement EGR(s) to which it flows back in [ all ] displacement shall be said as long as there is no notice in addition especially at the following) of amount control of exhaust air reflux-each gas column, and the inhalation air content of each gas column was seen, the result shown in drawing 49 was obtained. That is, about the opening of the valve of an exhaust air reflux path, even if the same, there is dispersion in the EGR rate and inhalation air content deflection of each gas column, there are few the inhalation air contents in the high gas column of an EGR rate, and there are many the inhalation air contents in the low gas column of an EGR rate. This is considered dispersion is not only in the distributivity to each gas column of the exhaust air flowing back, but that it has influenced that dispersion is in the air-suction-system property between each gas column itself.

[0050] Then, a target air-fuel ratio common to all gas columns is defined fundamentally, an inhalation air content is detected for every gas column, for every gas column, the amount of exhaust air reflux is controlled, that is, equalization of the rate of the amount of EGR(s) to the inhalation air content of each gas column is not attained so that it may become the above-mentioned target air-fuel ratio according to this inhalation air content, but equalization of the air-fuel ratio of each gas column is attained for the purpose of a predetermined air-fuel ratio.

[0051] They are the 2-dimensional map 31 which recorded the optimal target torque [ in / as shown in drawing 7 / in a control unit 5 / change of the accelerator opening accel and an engine speed Ne ] trqsol determined experimentally, engine-speed Ne, the target torque trqsol, and new air volume (it is the thing of

an inhalation air content and a fuel is not included.). Hereafter, it is the same. The 2-dimensional map 33 in change of an engine speed  $N_e$  and the target torque  $trqsol$  which recorded optimal target air-fuel ratio  $A/Fsol$  determined experimentally was electronically stored on memory, and the three-dimensions map 32 and list which recorded the optimal target fuel oil consumption  $Fsol$  in change of  $FAir$  determined experimentally are equipped with it, respectively.

[0052] It becomes the criteria which determine the amount of exhaust air reflux for this target air-fuel ratio  $A/Fsol$  to reconcile reduction of  $NO_x$ , and reduction of a smoke. That is, as the relation (an example) between the air-fuel ratio of a diesel power plant and the amount of  $NO_x$  under exhaust air is shown in drawing 8, when an air-fuel ratio rises, it is in the inclination for the amount of  $NO_x$  to increase. Therefore, if the amount of exhaust air reflux is made [ many ] and an air-fuel ratio is lowered (it turns on a rich side), it turns out that generating of  $NO_x$  decreases.

[0053] However, if an air-fuel ratio will be on a rich side if the relation between the air-fuel ratio of this engine and the smoked value under exhaust air is found and it becomes below a certain air-fuel ratio as shown in drawing 9, the amount of smokes will increase suddenly. In order for there to be a limitation also in making [ many ] the amount of exhaust air reflux and to aim at the above-mentioned coexistence from this, it can set to the value before the amount of smokes moreover begins to increase rapidly to a rich side, and it can be said that it is necessary to control the amount of exhaust air reflux for the purpose of this as it can make it possible to aim at reduction of  $NO_x$  for a target air-fuel ratio.

[0054] The new air volume which can be found from an intake air flow sensor 6 in this control system, and  $O_2$  The new air volume which can be found from a sensor 9 is changed by the new-air-volume change section 34, and it uses for control of the amount of exhaust air reflux. About this change, it mentions later.

[0055] (When the new air volume calculated by the intake air flow sensor 6 is used) Accelerator opening accel detected by the above-mentioned sensors 1 and 2 In the target torque operation part 41, the target torque  $trqsol$  is determined with reference to the 2-dimensional map 31 on the above-mentioned memory using an engine speed  $N_e$ . In the target injection-quantity operation part 42, the target injection quantity  $Fsol$  is determined with reference to the three-dimensions map 32 on the above-mentioned memory using the new air volume  $FAir$  and the engine speed  $N_e$  which are measured by this target torque  $trqsol$  and intake air flow sensor 6, and are sent through the new-air-volume change section 34. On the other hand, target air-fuel ratio  $A/Fsol$  for aiming at the above-mentioned coexistence in the target air-fuel ratio operation part 43 with reference to the 2-dimensional map 33 on the above-mentioned memory is determined using the above-mentioned target torque  $trqsol$  and an engine speed  $N_e$ .

[0056] Moreover, using the above-mentioned target injection quantity  $Fsol$  and target air-fuel ratio  $A/Fsol$ , it sets to the target new-air-volume operation part 44, and is the target new air volume  $FAsol$ . It is computed ( $FAsol = Fsol \times A/Fsol$ ). This target new air volume  $FAsol$  It considers as a target and feedback control of new air volume  $FAir$  is performed in the new-air-volume feedback control section 45. Although it is as the same as this control is performing feedback control of an air-fuel ratio, by adjusting the amount of exhaust air reflux rather than adjusting the new mind amount of supply itself directly, it will not say that new air volume is changed, and the amount of amendments of new mind will not be determined, that is, the control input  $EGRsol$  of a target EGR valve will be determined.

[0057] ( $O_2$  When the new air volume calculated by the sensor is used)  $O_2$   $O_2$  under exhaust air detected by the sensor 9 It sets to the air-fuel ratio transducer 46, and concentration is air-fuel ratio  $A/F$ . It is changed. This conversion is performed with reference to the table showing both relation electronically stored on the memory of a control unit 5. This measurement air-fuel ratio  $A/F$  In the new-air-volume operation part 47, new air volume  $FAir$  is computed using the target injection quantity  $Fsol$  ( $FAir = A/F \times Fsol$ ). This  $O_2$  The operation of the target injection quantity  $Fsol$  is presented with the new air volume  $FAir$  by the sensor 9 through the new-air-volume change section 34 like the case of the intake air flow sensor 6 explained previously. In addition, the target injection quantity  $Fsol$  used for calculation of new air volume  $FAir$  is a value last time.

[0058] And it sets to the air-fuel ratio feedback control section 48 for the purpose of target air-fuel ratio  $A/Fsol$  obtained on the 2-dimensional map 33, and is air-fuel ratio  $A/F$ . Feedback control is performed. By adjusting the amount of exhaust air reflux, new air volume is changed and this control is also air-fuel ratio  $A/F$ . It will say that it brings close to desired value, and the control input  $EGRsol$  of a target EGR valve will be determined.

[0059] (Control of the amount accommodation means of exhaust air reflux) The target control input  $EGRsol$  of an EGR valve and  $O_2$  which were calculated in the amount change section 49 of EGR valve drives using the new air volume by the above-mentioned intake air flow sensor 6 One side of the target control inputs

EGRsol of the EGR valve called for using the new air volume by the sensor 9 is chosen, and it is used for control of an EGR valve. This selection change is interlocked with the change of the previous new-air-volume change section 34.

[0060] - The VGT control-control unit 5 can be set to change of the target torque  $trqsol$  and an engine speed  $Ne$ . On memory, stored electronically the 2-dimensional map 51 which recorded the optimal target turbo effectiveness  $VGTsol$  determined experimentally, and it has it. Using the target torque  $trqsol$  and the engine speed  $Ne$  which are obtained on the above-mentioned 2-dimensional map 31, in the target turbo effectiveness operation part 52, the target turbo effectiveness  $VGTsol$  calculates with reference to the map 51 concerned, and VGT is controlled using this.

[0061] - On memory, the fuel-oil-consumption control-control unit 5 stored electronically the 2-dimensional map 53 in change of the target torque  $trqsol$  and an engine speed  $Ne$  which recorded the optimal common-rail-pressure force  $CRPsol$  determined experimentally, and is equipped with it. And using the target torque  $trqsol$  and the engine speed  $Ne$  which are obtained on the above-mentioned 2-dimensional map 31, in the common-rail-pressure force operation part 54, the target common-rail-pressure force  $CRPsol$  calculates with reference to the map 53 concerned, and the common-rail-pressure force is controlled using this. This controlled common-rail-pressure force CRP Based on the target injection quantity  $Fsol$ , the excitation time amount of the electromagnetic fuel injection valve 4 is decided on it and controlled.

[0062] <the flow of whole exhaust air reflux and fuel-injection control> -- the flow of the whole control concerned is shown in drawing 10. Namely, an intake air flow sensor 6 or O2 Based on whenever [ crank angle / which is detected by the sensor 23 whenever / inhalation air content / which is detected by the sensor 9 / and crank angle ], the inhalation air content  $FAir$  is calculated for every gas column (steps 1-3). Moreover, engine-speed  $Ne$  detected by the sensor 23 whenever [ crank angle ] and accelerator opening  $accel$  detected by the accelerator opening sensor 27 And the target fuel oil consumption  $Fsol$  is calculated based on the above-mentioned inhalation air content  $FAir$  (steps 4-6).

[0063] [ whether the engine concerned is in the steady operation condition of low loading thru/or an inside load based on the accelerator opening  $accel$ , an engine speed  $Ne$ , etc., and ] The transient judging of whether to be in acceleration operational status (condition included in the supercharge operational status to which the supercharge by the turbosupercharger 7 is carried out from a steady operation condition) is performed (step 7). At the time of steady operation, a radical Motome label air-fuel ratio is set up, target intake air flow is calculated, EGR valve basic control is performed, and this basic control is amended by the EGR valve control for every gas column based on the inhalation air content  $FAir$  for every gas column (steps 8-11). Amendment control of the EGR valve for every gas column of this is equivalent to the feedback control of the air-fuel ratio for reconciling reduction of  $NOx$ , and reduction of a smoke. At the time of acceleration operation, the target air-fuel ratio at the time of acceleration is set up, and the EGR valve control at the time of acceleration and injection-quantity control are performed (steps 12-14).

[0064] <detection of the intake air flow for every gas column, and calculation of an inhalation air content> - the intake air flow sensor 6 used for this detection is a mold hot-film type whenever [ constant temperature ], and is a back flow detection mold which is equipped with the hot film arranged at the upstream and the downstream on both sides of the heater arranged so that it might intersect perpendicularly with an inhalation-of-air flow direction at the inhalation-of-air path 2, and this heater, and detects a back flow based on the height of the temperature of both hot films. The example of the intake air flow detected by drawing 11 is shown. The part which put in the slash of this drawing is a flowed backwards part, and it turns out that the integral value from which a part for this back flow was deducted, i.e., the air content actually inhaled by each gas column, is changed.

[0065] The concrete flow of calculation (steps 1-3 of drawing 10) of the inhalation air content for every gas column when using the above-mentioned intake air flow sensor 6 for drawing 12 is shown. Each time when elapsed time is measured at and whenever [ crank angle ] amounts to 180 degrees while integrating with the intake air flow, It is the gas column (i) concerned about the integral value  $Q$  of the intake air flow for the 180 degree. Inhalation air content  $Qi$  It carries out. It is the gas column (i) concerned about the duration (crank timer time amount  $T$ ). Crank spacing  $Ti$  Inhalation air content  $Qi$  of the 4-cylinder which were obtained by carrying out The average is calculated as a basic inhalation air content  $Qav$  (steps A1-A7). In addition, the gas column number "0, 1, 2, 3" is given to each of a 4-cylinder for convenience.

[0066] Moreover, the stage like an inhalation-of-air line is a gas column in front of one (i-1). The gas column concerned set criteria (i) Rate-of-change  $\Delta Qi = Qi / Qi - 1$  of an inhalation air content Rate-of-change  $\Delta Ti = Ti / Ti - 1$  of crank spacing is calculated, and change characteristic  $\Delta Qti = \Delta Qi / \Delta Ti$  of the inhalation air content which considered the time amount like an inhalation-of-air line is calculated

(steps A8-A10). Here, it is  $\Delta T_i$ . It takes into consideration for eliminating the disturbance by torque fluctuation (angular-velocity fluctuation of a crankshaft) as much as possible, and this processing takes effect at the time of big idle operation of especially torque fluctuation. And it is based on this change characteristic  $\Delta Q_{Ti}$ , and is inhalation air content property  $\Delta Q_{Ti}$  of each gas column  $j$  (i). It asks by the degree type (step A11).

[0067]

$\Delta Q_{Ti}(i) = \Delta Q_{Tixr} + \Delta Q_{Ti}'(1-r)$

However,  $0 < r \leq 1$ , i.e.,  $\Delta Q_{Ti}'$ , is the last value of change characteristic  $\Delta Q_{Ti}$ , and it makes a value reflect in this change characteristic  $\Delta Q_{Ti}$  at a predetermined rate last time. Thereby, the solid-state difference between the gas columns about an inhalation air content becomes clear gradually.

[0068] The concrete flow of a transient judging (steps 4-7 of drawing 10) is shown in <transient judging> drawing 13. This transient judging is an acceleration judging and has the judgment by change of accelerator opening, and the judgment by change of fuel oil consumption. Although it is necessary to increase an inhalation air content according to increase of fuel oil consumption at the time of acceleration operation of an engine, it is necessary to reduce the amount of exhaust air reflux promptly for that purpose. It is the transient judging for performing such amount reduction control of exhaust air reflux.

[0069] Namely, accelerator opening  $Acc$  While reading fuel oil consumption  $F$  from the three-dimensions map 32 of drawing 7 using an engine speed  $N_e$  and the inhalation air content  $Q_{av}$ , it is this time value  $Acc$  of accelerator opening. Based on value  $Acc'$ , it asks for the variation  $\Delta Acc = Acc - Acc'$  last time (steps B1-B3). Acceleration criterion  $\alpha_{hacc}$  is read from a 2-dimensional map using fuel oil consumption  $F$  and an engine speed  $N_e$  (step B4).

[0070] this  $\alpha_{hacc}$  -- the above-mentioned accelerator opening variation  $\Delta Acc$ , so that it is for being based and carrying out an acceleration judging, for example, it becomes so large that an engine speed  $N_e$  is high (an acceleration judging is hard to be carried out) and there is much fuel oil consumption  $F$  -- small -- becoming (an acceleration judging being easy to be carried out) -- fuel oil consumption  $F$  and the optimal value in change of an engine speed  $N_e$  are determined experimentally, and are electronically stored on memory so that it may say. At the time of low load driving, since there are many amounts of exhaust air reflux from the first, when accelerator change (fuel-oil-consumption increase change) is large, the above-mentioned  $\alpha_{hacc}$  is made small, so that it can shift to reduction control of the amount of exhaust air reflux promptly and there is much fuel oil consumption.

[0071] And it is judged with the engine concerned having acceleration parameter  $\alpha = \Delta Acc / \alpha_{cc}$  in acceleration operational status rather than 1 at the adult time. Target air-fuel ratio  $TA/F$  separately calculated with acceleration parameter  $\alpha$  when acceleration was judged It is based and is the EGR valve control input  $KT_{egr}$  of a transient. It reads from a map (step B5- B7). This is for giving priority to an acceleration demand over reduction of  $NO_x$  by exhaust air reflux, and reducing the amount of exhaust air reflux promptly rather than it, when change of the expansion direction of accelerator opening is sudden (when it gets into an accelerator pedal suddenly). Therefore, EGR valve control input  $KT_{egr}$  The control input is calculated experimentally, and is created and the map is electronically stored on memory so that acceleration parameter  $\alpha$  becomes large, and the opening of an EGR valve may become small.

[0072] Although an EGR valve control input is determined by the hope so to speak based on the judgment at the time of the acceleration judging by the above-mentioned accelerator opening, the transient judging based on the following fuel oil consumption is for performing fuel-injection control which checked the actual acceleration demand based on fuel oil consumption, and agreed in the acceleration demand.

[0073] That is, based on value  $F'$ , the rate-of-change  $\Delta F = F/F'$  is called for this time value  $F$  of fuel oil consumption, and last time, fuel oil consumption  $F$  and an engine speed  $N_e$  are used, and it is the acceleration criterion  $F_k$  from a 2-dimensional map. It reads (steps B8 and B9). This  $F_k$  It is set up like the above-mentioned  $\alpha_{hacc}$  and is electronically stored on memory. And injection-quantity coefficient-of-variation  $\beta = \Delta F / F_k$  The fuel-injection control at the time of acceleration is made rather than 1 at the adult time, and when it is smallness, the exhaust air reflux control at the time of a stationary is made (steps B10 and B11).

[0074] <exhaust air reflux control at the time of a stationary> -- this shows drawing 14 -- having -- \*\*\*\* -- an engine speed  $N_e$  and accelerator opening  $Acc$  using -- the 2-dimensional map 31 of drawing 7 -- target torque  $T_{trq}$  reading -- this  $T_{trq}$   $N_e$  -- using -- the 2-dimensional map 33 -- target air-fuel ratio  $TA/F$  It reads and target-intake-air-flow  $TQ = TA/F \times F$  is called for (steps C1-C3). And inhalation air content deflection  $Q_{err} = TQ - Q_{av}$  is calculated, and it is this deflection  $Q_{err}$ . It is the basic EGR valve control input  $T_{egr}$  by IPD control so that it may become zero. It asks (steps C4 and C5).

[0075] The air-fuel ratio which can aim at coexistence of reduction of above-mentioned NOx and reduction of a smoke changes little by little with each of an engine speed Ne and an engine torque Ttrq (if it puts in another way fuel oil consumption F), and differ comparatively greatly by the case where it does not carry out with the case where it supercharges especially. That is, since mixing with the air in a combustion chamber and a fuel will become good and the cinder of a fuel will decrease if it supercharges (a smoke decreases), former one is able to set a target air-fuel ratio to a rich side more in the state of a supercharge condition (engine-speed quantity) and un-supercharging (engine-speed low), and that works in favor of reduction of NOx.

[0076] Then, accelerator opening variation  $\Delta Acc$  An absolute value is the predetermined threshold  $Th_{acc}$ . The conditions for stationary judging that a small condition carries out predetermined number n cycle continuation, and fuel injection is performed are checked (step C6). This is because control of this flow is aimed at improvement in the emission at the time of idle operation and subsequent steady operation. In addition, in the time of moderation ( $F=0$ ), since exhaust air reflux is not performed, the opening of an EGR valve serves as zero.

[0077] Inhalation air content property  $\Delta Q_t'$  for which it asked previously when steady operation was checked (i) EGR Amendment gain E (i) Amount of EGR valve remedial operation  $\Delta Tegr(i)$  for every gas column is calculated (step C7). namely,  $\Delta Tegr(i) = \Delta Q_t' - (i) \times E(i) + \Delta Tegr'(i)$  it is .  $\Delta Tegr'(i)$  It is the last value of the amount of EGR valve remedial operation of the gas column i concerned. This integral is  $\Delta Q_t'(i)$ . Although the value itself is emphasized, it is for making the amount of suitable amendments of the amount of EGR valve remedial operation corresponding to the solid-state difference between gas columns further reach.

[0078] If the amounts of EGR valve remedial operation of all 4-cylinders are calculated, average  $\Delta Tegr_{av}$  of the amount of EGR valve remedial operation of this 4-cylinder will be calculated. Although this average should become zero essentially, if the above-mentioned step C7 is processed, by various factors, that average will be subtracted or will be added. Now, the original purpose of carrying out amendment control of the EGR valve control input of each gas column on the basis of the basic EGR valve control input  $Tegr$  is spoiled. Then, processing which always makes the average zero is performed each time by adding the absolute value to  $\Delta Tegr(i)$  of each above-mentioned gas column, if minus appears in the average concerned, and subtracting conversely, if plus comes out (steps C8 and C9). Thus, it is the above-mentioned basic EGR valve control input  $Tegr$  about obtained  $\Delta Tegr(i)$ . In addition, the EGR valve control input  $Tegr$  of each gas column (i) is calculated (step C10).

[0079] Target EGR valve control input  $KTegr$  of the transient called for at step B7 when acceleration is judged in step B6 of - drawing 13 in the case of a <exhaust air reflux control at time of the acceleration judging based on acceleration parameter  $\alpha$ >-single EGR valve Acceleration parameter  $\alpha$  and TA/F It differs according to magnitude, and when large, the opening of the EGR valve 14 serves as [ acceleration parameter  $\alpha$  ] zero. Therefore, even if the inhalation air content of each gas column increases and fuel oil consumption increases by not performing exhaust air reflux in that case, engine power can be heightened, without causing increase of the amount of smokes.

[0080] However, control which gives the presetting later mentioned to the EGR valve 14 in this case is performed, and it enables it to shift to subsequent exhaust air reflux control promptly.

[0081] - The presetting control-EGR valve 14 of an EGR valve So that the force in which valve body 14c is pressed by spring 14d at a valve seat may become small, even when the EGR path 13 is closed during exhaust air reflux control As a result, he is trying to balance the thrust of the closed direction and the EGR valve drive negative pressure by spring 14d by exerting predetermined EGR valve drive negative pressure (presetting negative pressure) on a negative pressure room so that thrust may serve as zero. That is, as shown in drawing 4 , presetting negative pressure is EGR valve drive negative pressure at the time of controlling an EGR valve in the closed direction and the amount of EGR valve lifts reaching zero. The concrete flows of control for giving presetting negative pressure to the EGR valve 14 are shown in drawing 15 .

[0082] Namely, EGR valve control input  $Tegr$  When it is the control input from which the amount of EGR valve lifts serves as zero, the value  $EGRV_{lift}$  of the lift sensor 19 is read (steps D1 and D2). This  $EGRV_{lift}$  is amount of EGR valve lifts  $0EGRV_0$ . It is  $EGRV_0$  when large. EGR valve drive control is performed until it becomes (steps D3 and D4). That is, it is the presetting negative pressure  $EGRV_0$  about the above-mentioned EGR valve drive negative pressure. It is made to fall until it becomes. It is the EGR valve control input  $Tegr$  because of exhaust air reflux. When presetting is a control input used as zero, the usual EGR valve drive control is performed (step D1-> D4).



[0083] Although it is the case of an EGR valve with a lift sensor, the above example detects EGR valve drive negative pressure instead of the lift sensor 19 at steps D2 and D3, as shown in drawing 16, when it judges a presetting condition or the amount of EGR valve lifts and the amount of drives have a fixed relation, may detect the amount of drives and may judge a presetting condition. You may be any of the duty value of the solenoid valve for negative pressure control for the amount of drives to generate the drive negative pressure itself or this drive negative pressure here.

[0084] Therefore, it is Tegr when resuming exhaust air reflux after that, since presetting negative pressure is acting the amount of exhaust air reflux on the EGR valve 14 as for zero in order to raise acceleration responsibility when an engine shifts to acceleration operational status from a steady operation condition. It opens promptly, without the EGR valve 14 producing most response delay according to increase, and is this Tegr. It becomes the opening which is due to correspond to magnitude. Therefore, it becomes advantageous to reduction of NOx etc.

[0085] - Since the example shown in - drawing 17 when juxtaposition is equipped with two or more EGR valves branches the EGR path 13 on the way, consider it as the configuration made to join again, and it forms the EGR valves 14A and 14B in each of the branching EGR paths 13A and 13B. One branching EGR path 13A has a small path area, and EGR valve 14A prepared there is a linear adjustable bulb from which opening changes continuously according to the amount of energization. Branching EGR path 13B of another side has a path area larger than the above-mentioned branching EGR path 13A, and EGR valve 14B prepared there is an on-off bulb from which a valve body changes with turning on and off of energization to two open and close locations.

[0086] Thus, the flows of control of the transient in the case of having on-off bulb 14B other than linear adjustable bulb 14A are shown in drawing 18. Namely, negative pressure value Pegr of current EGR valve 14A Target EGR valve drive negative pressure TPegr using the target EGR valve control input KTegr of the transient concerned (step B7 of drawing 1313) while reading from the output of the negative pressure sensor 18 It reads from a table (table showing the correspondence relation of KTegr and TPegr which are beforehand stored electronically on memory) (steps E1 and E2). And when both differential pressure (Pegr-TPegr) is larger than the predetermined value THopen, the above-mentioned on-off bulb 14B is made close, and when that is not right, let this be open (steps E3-E5).

[0087] Therefore, although the target amount of exhaust air reflux changes from size to smallness (Tegr -> at the time of a stationary the transient KTegr) and will be in the condition of Pegr-TPegr > THopen in order to raise acceleration responsibility as explained previously when engine operational status shifts to an acceleration condition from a steady state, the above-mentioned on-off bulb 14B becomes close immediately in that case. Therefore, reduction of the amount of exhaust air reflux will be performed promptly, can make an inhalation air content able to increase rapidly, and can raise acceleration responsibility. Moreover, linear adjustable bulb 14A is Transient KTegr at this time. Since it is based and opening is controlled, it is possible to prevent the amount of NOx increasing superfluously.

[0088] On the other hand, at the time of steady operation of an engine without the above-mentioned acceleration judging, the above-mentioned on-off bulb 14B is open, and the amount of exhaust air reflux will be controlled by opening accommodation of the EGR path 13 by linear adjustable bulb 14A. Therefore, the EGR path cross section for flowing back a lot of exhaust air at the time of usual operation of an engine is secured.

[0089] - When juxtaposition is equipped with the EGR valve drive negative pressure path - In this example, as shown in drawing 19, the negative pressure path 15 of the EGR valve 14 branches to path 15a and path 15b, path 15a is connected to a solenoid valve (linear closing motion valve) 17, and the on-off bulb 61 is formed in path 15b. The path 15b of the diameter of a path is larger than path 15a.

[0090] Namely, when an engine is in an acceleration condition, in order to increase an inhalation air content promptly, it is required that the EGR valve 14 should be immediately made close, and, for that purpose, it should just make atmospheric pressure the negative pressure room of the EGR valve 14. However, since the diaphragm is prepared in the path for atmospheric-air release in order to acquire actuation stability, a solenoid valve 17 will require time amount, before being in an atmospheric pressure condition from the condition of negative pressure size. Then, it enables it to make the EGR valve 14 into atmospheric pressure promptly by the above-mentioned on-off bulb 61 in this example.

[0091] The flows of control of this example are shown in drawing 20. Negative pressure value Pegr of the present EGR valve 14A Target EGR valve drive negative pressure TPegr using the target EGR valve control input KTegr of the transient concerned (step B7 of drawing 13) while reading from the output of the negative pressure sensor 18 It reads from a table (table showing the correspondence relation of KTegr and

TPegr which are beforehand stored electronically on memory) (steps M1 and M2). And when both differential pressure (TPegr-Pegr) is larger than the predetermined value THVopen, the above-mentioned on-off bulb 61 is made open, and when that is not right, let this be close (steps M3-M5).

[0092] Therefore, if there is a demand which closes the EGR valve 14, and the on-off bulb 61 serves as open when the above-mentioned negative pressure difference is large, the EGR valve 14 will be promptly closed by \*\* by supplying atmospheric pressure or supercharge mind to the negative pressure room through path 15b. That path 15b is a major diameter also contributes to this prompt clausilium.

[0093] - When the serial is equipped with two or more EGR valves, as shown in - drawing 21 , two EGR valves 14A and 14B are formed in the EGR path 13 by serial arrangement, one EGR valve 14A is a linear adjustable bulb from which opening changes continuously according to the amount of energization, and EGR valve 14B of another side is an on-off bulb from which a valve body changes with turning on and off of energization to two open and close locations.

[0094] The flow of the exhaust air reflux control at the time of an acceleration judging is shown in drawing 22 . Namely, deflection Qerr of an inhalation air content While reading, fuel oil consumption F and an engine speed Ne are used, and it is the deflection threshold THQerr from a map. It reads (steps F1 and F2). This threshold THQerr It is THQerr, so that the size of whenever [ acceleration demand ] is started and fuel oil consumption F increases, and, so that an engine speed Ne becomes low. It is set up and is electronically stored on memory so that it may become small. And the above-mentioned deflection Qerr Deflection threshold THQerr It is deflection Qerr, although on-off bulb 14B is still open when small. Deflection threshold THQerr If it becomes above large, on-off bulb 14B will be controlled by close (steps F3-F5).

[0095] Therefore, since the EGR path 13 is immediately closed by on-off bulb 14b when whenever [ acceleration demand ] is high, the acceleration by increase in quantity of a fuel can be aimed at, increasing an inhalation air content promptly and stopping a smoke.

[0096] <Control at time of the acceleration judging by injection-quantity coefficient of variation beta>- exhaust air reflux control, and fuel-oil-consumption control - This is optimal transient target air-fuel ratio KTA/F in these change, using the injection-quantity coefficient of variation beta, fuel oil consumption F, and an engine speed Ne, when it is shown in drawing 23 and an acceleration condition is judged by previous transient judging. The recorded three-dimensions map is referred to and it is KTA/F. It reads (step G1). This transient target air-fuel ratio KTA/F By reducing the amount of exhaust air reflux, it is target air-fuel ratio TA/F at the time of a stationary so that engine power can be heightened promptly, suppressing generating of a smoke. It is set to the Lean side. This KTA/F According to fuel oil consumption F, it is set up so that it may be on the Lean side, respectively, and the optimal target air-fuel ratio in each change is called for experimentally, and the low loading side is electronically stored on memory, so that an engine speed Ne is so still lower that the injection-quantity coefficient of variation beta is large.

[0097] Obtained transient target air-fuel ratio KTA/F Based on fuel oil consumption F, the target intake air flow TQ of a transient is computed (step G2). And based on this TQ, an EGR valve control input is determined like the time of previous steady operation, and prompt reduction control of the amount of exhaust air reflux is performed.

[0098] Since the exhaust air energy given to a supercharger 7 increases further by this, an inhalation air content increases promptly and the response delay of the acceleration to treading in of an accelerator pedal and the so-called turbo lag are prevented.

[0099] On the other hand, since the air-fuel ratio becomes rich if a fuel increases by treading in of an accelerator pedal, in respect of reduction of a smoke, it becomes disadvantageous so much. Then, a fixed limit is given to the increase in quantity that increase in quantity of a fuel should be controlled temporarily. That is, marginal air-fuel ratio LimitA/F is read from the map of fuel oil consumption F and an engine speed Ne (step G3). This marginal air-fuel ratio LimitA/F is for suppressing generating of a smoke, and that amount of marginal smokes is made [ more ] than the amount of marginal smokes at the time of a stationary. for example, it is made to become the amount of smokes about 2BU, it comes out to this extent, and if it is, it will be convenient to increase of an engine output torque.

[0100] Target air-fuel ratio TA/F at the time of the above-mentioned stationary, and target air-fuel ratio KTA/F of a transient It reaches, the relation of marginal air-fuel ratio LimitA/F is as being shown in drawing 2424 , and, fundamentally, it is target air-fuel ratio TA/F at the time of a stationary. It is target air-fuel ratio KTA/F of a transient to the Lean side. It is set up and is target air-fuel ratio TA/F at the time of a stationary. Marginal air-fuel ratio LimitA/F is set to the rich side. Fundamentally, this marginal air-fuel ratio LimitA/F can be set to a rich side, so that an engine speed is so high that there is much fuel oil consumption to the Lean side again, and it is recording electronically fuel oil consumption F and the optimal value in



change of an engine speed  $N_e$  calculated experimentally on memory.

[0101] Obtained marginal air-fuel ratio  $\text{LimitA/F}$  and current inhalation air content  $Q$  (i) It is based and is the limit  $\text{FLimit}$  of fuel oil consumption. It is computed and they are the basic injection quantity  $F$  and Limit  $\text{FLimit}$ . And the maximum injection quantity  $F_{\text{max}}$  Inner fewest values are set up as target injection quantity  $TF$  (steps G4 and G5). The basic injection quantity  $F$  is an engine speed  $N_e$  and the accelerator opening  $\text{Acc}$ . It is the fuel oil consumption which becomes settled uniquely, and is the maximum injection quantity  $F_{\text{max}}$ . It is the upper limit of fuel oil consumption which does not cause destruction of the engine concerned.

[0102] Therefore, an acceleration demand can be filled, suppressing too much increase of the amount of smokes, since too much increase of fuel oil consumption is suppressed, even if the amount of exhaust air reflux decreases to a transient.

[0103] - Although it was said that fuel oil consumption is restricted while control of the concurrency control-point of the amount of exhaust air reflux and fuel oil consumption performed exhaust air reflux control, this concurrency control is controlled based on a target air-fuel ratio also about fuel oil consumption, and is shown in drawing 25.

[0104] Namely, optimal target air-fuel ratio  $KTA/F$  [ in / using the injection-quantity coefficient of variation  $\beta$ , fuel oil consumption  $F$ , and an engine speed  $N_e$  / these change ] for transient exhaust air reflux control when an acceleration condition is judged by previous transient judging  $KTA/F$  is read with reference to the recorded three-dimensions map (step P1). Target air-fuel ratio  $KTA/F$  for this transient exhaust air reflux It is target air-fuel ratio  $TA/F$  at the time of a stationary like the case of the point. It is set to the Lean side.

[0105] Since the air-fuel ratio becomes rich if a fuel increases by treading in of an accelerator pedal, in respect of reduction of a smoke, it becomes disadvantageous so much. Then, target air-fuel ratio  $KFTA/F$  for fuel-oil-consumption control which can increase engine power, without causing too much increase of the amount of smokes It reads from the map of fuel oil consumption  $F$  and an engine speed  $N_e$  (step P2). This  $KFTA/F$  Fuel oil consumption  $F$  and the optimal value in change of an engine speed  $N_e$  calculated experimentally are electronically stored on memory. Namely,  $KFTA/F$  for this fuel-oil-consumption control It is target air-fuel ratio  $TA/F$  at the time of a stationary like above-mentioned critical air-fuel ratio  $\text{LIMITA/F}$ ., for example, the amount of marginal smokes which is set to the rich side and serves as a basis of that setup is the amount of smokes about 2BU than the amount of marginal smokes at the time of a stationary.

[0106] Target air-fuel ratio  $KTA/F$  obtained about exhaust air reflux control Based on fuel oil consumption  $F$ , the target intake air flow  $TQ$  of a transient is computed (step P3). And it is based on this  $TQ$  and is the EGR valve control input  $KT_{\text{egr}}$  of a transient like the time of previous steady operation. It is determined and prompt reduction control of the amount of exhaust air reflux is performed (step P4). Since the exhaust air energy given to a supercharger 7 increases further by this, an inhalation air content increases promptly and the response delay of the acceleration to treading in of an accelerator pedal and the so-called turbo lag are prevented.

[0107] Target air-fuel ratio  $KFTA/F$  obtained about fuel-oil-consumption control Current inhalation air content  $Q$  (i) The transient fuel oil consumption  $KF$  is computed by being based (step P5). And this transient fuel oil consumption  $KF$  and the maximum injection quantity  $F_{\text{max}}$  Inner fewest values are set up as target injection quantity  $TF$  (step P6).

[0108] Therefore, the amount of smokes can inject many fuels in the range which does not increase on a square more positively than the time of a stationary, and thereby, while an engine output torque goes up, to a transient (at the time of acceleration), the exhaust air energy given to a supercharger 7 increases, and it becomes advantageous on an acceleration disposition at it.

[0109] - VGT control - The control of the VGT supercharger 7 performed a degree at the time of the above-mentioned acceleration judging is explained. That is, when the acceleration judging by the injection-quantity coefficient of variation  $\beta$  is made, the target turbo effectiveness  $\text{VGTsol}$  is read from a map 51 using the target torque  $\text{Trqsol}$  and an engine speed  $N_e$ . And based on obtained  $\text{VGTsol}$ , the rotation location of flap 7b of the VGT supercharger 7, i.e.,  $A/R$ , is adjusted.

[0110] Therefore, at the time of acceleration, even if the exhaust air energy given to the supercharger 7 concerned by a lot of exhaust air reflux till then has decreased, when above-mentioned  $A/R$  becomes small, supercharge effectiveness increases, an inhalation air content is increased, and the expected acceleration engine performance can be obtained.

[0111] - Fuel-injection-timing tooth-lead-angle control - The fuel-injection-timing tooth-lead-angle control performed a degree at the time of acceleration is explained. That is, in this engine, the fuel injection timing

at the time of a stationary is set as the location which carried out the lag more considerably than MBT, and is controlled to carry out a tooth lead angle gradually according to increase of fuel oil consumption. On the other hand, when the acceleration judging by the injection-quantity coefficient of variation  $\beta$  is made, according to the magnitude of this  $\beta$ , the tooth lead angle of the fuel injection timing is carried out more nearly further than fuel injection timing when it corresponds at the time of a stationary.

[0112] Since the tooth lead angle of this fuel injection timing is in ignition by it, it causes the effectiveness that mixing of a fuel and air becomes good and produces rapid combustion. Therefore, while NO<sub>x</sub> increases, a smoke will decrease. However, the air-fuel ratio is rich by a lot of exhaust air reflux from the first, even if it enlarges the tooth lead angle at the time of acceleration like \*\*\*\*, NO<sub>x</sub> does not increase too much and the advantageous effectiveness that a smoke decreases by this tooth-lead-angle control on the contrary is acquired.

[0113] - every which mentioned above at the time of the acceleration judging by the related - acceleration parameter  $\alpha$  of the control at the time of the acceleration judging by  $\alpha$ , and the control at the time of the acceleration judging by  $\beta$  -- an EGR valve control can also perform at the time of the acceleration judging by the injection-quantity coefficient of variation  $\beta$ , and the VGT control and the fuel-injection-timing tooth-lead-angle control at the time of the acceleration judging by the injection-quantity coefficient of variation  $\beta$  which mentioned above can also carry out at the time of the acceleration judging by acceleration parameter  $\alpha$ .

[0114] < intake air flow sensor 6 and O<sub>2</sub> The property-intake air flow sensor 6 of a proper use >-sensor with a sensor 9 of whenever [ rise / of this  $\Delta Q$  ] is small compared with whenever [ rise / of flow  $Q$  ], although detection error  $\Delta Q$  becomes large as are shown in drawing 26 and flow  $Q$  increases that property. For this reason, as shown in drawing 27 , although flow rate relative error  $\Delta Q/Q$  is large in a low flow rate field, it is small in a high flow rate field. On the other hand, pump current generating type linear O<sub>2</sub> In the case of a sensor 9, the detection relative error  $E$  becomes large as are shown in drawing 28 and an air-fuel ratio rises. Moreover, O<sub>2</sub> The inhalation air content which can be found by the sensor 9 is an air content by which not the thing of the gas column boiled like a current inhalation-of-air line but the stage like an inhalation-of-air line is inhaled by the thing in front of several cylinders.

[0115] Then, such both sensors 6 and 9 will be changed so that each advantage can fully be employed efficiently, and they will be used for measurement of the inhalation air content of each gas column. That is, based on the precision comparison result of both sensors, use of both the sensors 6 and 9 is changed to how of an engine operating range, and a list.

[0116] - Change flow of a sensor - This flow is shown in drawing 29 . If a transient (acceleration condition) is judged by the transient judging explained previously, the inhalation air content which can be found with an intake air flow sensor 6 will be chosen, it will change to the EGR valve control by this sensor 6 in the amount change section 49 of EGR valve drives of drawing 7  $R > 7$ , and exhaust air reflux control (A/F control) of a transient will be performed (steps H1-H5). O<sub>2</sub> When based on a sensor, since the inhalation air content in front of several cylinders will be detected, response delay is produced, but since there is such no delay when based on the output of an intake air flow sensor 6, in a transient, the amount of exhaust air reflux can be reduced promptly, and acceleration responsibility can be raised.

[0117] If an engine is the operational status of a stationary, it is an intake air flow sensor 6 and O<sub>2</sub>. The judgment which chooses one side of the sensors 9 is performed (step H6 and this point are mentioned later). O<sub>2</sub> O<sub>2</sub> detected by this sensor 9 when a sensor 9 is chosen Concentration is used. O<sub>2</sub> as shown in drawing 30 the map electronically stored on the memory showing the relation between concentration and an air-fuel ratio -- referring to -- air-fuel ratio A/F it asks -- having -- this A/F the inhalation air content which the inhalation air content at that time is computed based on the fuel oil consumption several cylinders before corresponding to this, and should be used for control -- this -- O<sub>2</sub> It changes to the inhalation air content by the sensor 9 (steps H7-H10). And it sets in the amount change section 49 of EGR valve drives of drawing 7 , and is O<sub>2</sub>. It changes to the EGR valve control by the sensor 9, and exhaust air reflux control at the time of a stationary (A/F control) is performed (steps H11 and H12).

[0118] On the other hand, when an intake air flow sensor 6 is chosen, the inhalation air content which should be used for control is changed to the inhalation air content by this sensor 6, it changes to the EGR valve control by this sensor 6, and exhaust air reflux control at the time of a stationary (A/F control) is performed (step H7->H13->H14-> H12).

[0119] Therefore, at the time of a stationary, it is an intake air flow sensor 6 and O<sub>2</sub>. It becomes advantageous, when carrying out expected control, since the direction with an inner sufficient precision is used, and is O<sub>2</sub>. Since it is at the steady operation time even when a sensor 9 is chosen, it is satisfactory.

[0120] - Selection flow of a sensor - This flow is shown in drawing 31 . Engine operational status (an engine speed, accelerator opening, etc.) is read, and when an intake air flow is in an adult operating range with reference to the map electronically stored on memory, an intake air flow sensor 6 is chosen (steps J1-J3). Since the detection relative error of an intake air flow sensor 6 is small, an intake air flow can be detected with a sufficient precision at the time of intake-air-flow size, and it can perform control on real time based on this detection result, so that clearly from drawing 27 .

[0121] The map used for the judgment of the operating range concerned is shown in drawing 32 . This shows the field (shadow area) of the intake-air-flow smallness in change of an engine speed and an engine load, and it asks for it experimentally and it is set up. In the field where an engine speed is high, an intake air flow sensor 6 is chosen fundamentally, and it is O2 in the field where an engine speed is low. A sensor 9 will be chosen.

[0122] When an intake air flow is smallness and it is in a operating range, based on the output of an intake air flow sensor 6, the detection error AFSerror in an intake air flow is read with reference to the map corresponding to drawing 27 (step J4). Moreover, O2 It is based on the output of a sensor 9 and is O2. Concentration is read and it is detection error O2 error in this sensor 9. Although read with reference to the map corresponding to drawing 28 , it is this O2. When concentration is more than the specified quantity, an intake air flow sensor 6 is chosen as measurement of an inhalation air content (steps J5 and J6).

[0123] O2 here It is O2 so that clearly [ it may be the operating range (at for example, the time of  $A/F \geq 40$ ) from which the air-fuel ratio became Lean exceeding  $\lambda = 1$  more than predetermined level when concentration was more than the specified quantity and ] from drawing 13 at this time. Since the detection error of a sensor 9 becomes large, an intake air flow sensor 6 is chosen as measurement of an inhalation air content.

[0124] On the other hand, O2 The detection error of both the sensors 6 and 9 is compared, when concentration is under the specified quantity, when the detection error of an intake air flow sensor 6 is smaller, this sensor 6 is chosen as measurement of an inhalation air content, and it is O2. When the detection error of a sensor 9 is smaller, this sensor 9 is chosen as measurement of an inhalation air content (steps J7-J9). Therefore, in a low flow rate field, it is accurate O2 to measurement of an inhalation air content. Although a sensor 9 is used, when the detection error of the sensor 9 concerned is large and an air-fuel ratio uses [ the time of Lean, and ] an intake air flow sensor 6 more than predetermined level, optimization is attained even in such a case.

[0125] However, it is O2, when an air-fuel ratio shifts to a rich side by making [ many ] the amount of exhaust air reflux especially in an idle operating range in this operating range using an intake air flow sensor 6 in the idle operating range or low-load-driving field to which an air-fuel ratio serves as Lean of  $A/F \geq 40$  for reduction of NOx as it replaces with the above-mentioned change method and is shown in drawing 33 for example. You may make it use a sensor 9.

[0126] <dispersion dissolution control between gas columns of an EGR rate> -- this control lessens dispersion between gas columns of an EGR rate.

[0127] - Produce reflux of - exhaust air about dispersion between gas columns of an EGR rate according to the difference of the tubing internal pressure of the inhalation-of-air path 2, and the tubing internal pressure of a flueway 3. As shown in drawing 1 , when only one is equipped with the EGR path, the tubing internal pressure in the EGR path connecting location of the inhalation-of-air path 2 and the tubing internal pressure in the EGR path connecting location of a flueway 3 carry out change as shown in drawing 34 by change of whenever [ crank angle ]. This pressure pulsation is the case of engine-speed 2000rpm, expresses the tubing internal pressure by the side of an inhalation-of-air path with the notation of "In", and expresses the tubing internal pressure by the side of a flueway with "Ex." As change of this differential pressure of "In" and "Ex" is as being shown in drawing 35 and a broken line shows it to drawing 36 by this differential pressure, exhaust air (burnt gas) flows into an inhalation-of-air path intermittently. The continuous line of drawing 36 expresses change of the flow rate of the inhalation air (reflux exhaust air is included) which flows the inhalation-of-air path 2.

[0128] The above "In" in each of engine-speed 1500rpm and 1000rpm and change of "Ex" are as being shown in drawing 37 and drawing 38 , respectively. The mode of change of "In" and "Ex" changes with engine speeds so that clearly from the comparison with drawing 34 . If change of the differential pressure in each engine speed is expressed collectively, it will become like drawing 39 , and the peak location of differential pressure and a peak height change with engine speeds, and, moreover, the inversion of a peak height is seen by whenever [ crank angle ]. For example, although 1500rpm is high and 1000 ppm is low near 180 degrees, near 540 degrees, 2000 ppm is highly [ 1000 ppm ] low.

[0129] For this reason, when change by the engine speed of the EGR rate of each gas column is seen, a broken line shows to drawing 40 . namely, -- each -- the phenomenon which the EGR rate over gas column #1-#4 reverses by the engine speed is produced. This is dispersion between gas columns of the EGR rate made into a problem here.

[0130] - Dissolution of dispersion between gas columns by amendment of an EGR control input - Then, based on the relation between the above-mentioned engine speed and the EGR rate of each gas column, according to an engine speed, it asks for the correction factor of the EGR valve control input Tegr for making small the solid-state difference between the gas columns about this EGR rate (i) experimentally, and it is electronically stored on memory. And the above-mentioned correction factor is calculated from memory using an engine speed Ne, the above-mentioned EGR valve control input Tegr (i) is amended based on this correction factor, and it uses for control of the EGR valve 14.

[0131] They are the target air-fuel ratios TA/F about the air-fuel ratio of all gas columns irrespective of the solid-state difference between the gas columns concerning an EGR rate by this. It can double and becomes advantageous to coexistence of NOx reduction and smoked reduction.

[0132] - As shown in dissolution- drawing 41 of dispersion between gas columns by alternative use of two or more EGR tubing, the inhalation-of-air path 2 and a flueway 3 are connected by EGR tubing 13A (EGR1) and EGR tubing 13B (EGR2), and the EGR valves 14A (EGR1) and 14B (EGR2) are formed in each. to the inhalation-of-air path 2, these EGR tubing 13A (EGR1) and 13B (EGR2) shifts a location to the flow direction of inhalation of air, and each other is connected to it, and also to the flueway 3, a location is shifted similarly and it connects -- mutually-independent -- it is a path the bottom. The separate opening accommodation means is respectively formed in the EGR valves 14A (EGR1) and 14B (EGR2), mutually-independent is carried out to them, and it is constituted controllable.

[0133] Although dispersion between gas columns of an EGR rate originates in exhaust air pulsation and inhalation-of-air pulsation changing with engine speeds, as for such pulsation, the mode changes with locations where an EGR path is connected to the inhalation-of-air path 2 or a flueway 3. the location from which two independent EGR tubing 13A (EGR1) and 13B (EGR2) is formed like \*\*\*\*, and the mode of inhalation-of-air pulsation [ in / for each / the inhalation-of-air path 2 ] differs here that dispersion between the gas columns concerned should be canceled using that -- moreover, it has connected with the location where the modes of the exhaust air pulsation in a flueway 3 differ. That is, if it is used according to an engine speed, choosing the EGR tubing 13A (EGR1) and 13B (EGR2) (both concomitant use is included), dispersion between the gas columns concerned is cancelable.

[0134] - As shown in concrete contents of control- drawing 42 , it is an engine operating range Predetermined engine-speed Ne-EXC It considers as criteria, and classifies into the field N1 lower than it and the high field N2, and EGR tubing 13B (EGR2) is used in the high field N2 using EGR tubing 13A (EGR1) in the low field N1. Moreover, hystereses THN1 and THN2 are formed in the change concerned based on an engine speed.

[0135] That is, as shown in drawing 43 , an engine speed Ne is read in the beginning at the time of steady operation of an engine, using the present field as N1 (steps K1 and K2). Although a current field judges either, since a current field is N1, it sets engine-speed Ne-HYS1 of a field change to the upper limit of a hysteresis (steps K3 and K4). And when the above-mentioned engine speed Ne is higher than the upper limit of a hysteresis, a field is set to N2, main control is presented with EGR tubing 13A (EGR1), and \*\*\*\*\* is presented with EGR tubing 13B (EGR2) (step K5- K7). The semantics of main control and \*\*\*\*\* is mentioned later. When the engine speed Ne concerned is below the upper limit of a hysteresis, a field presents main control with EGR tubing 13B (EGR2) as with N1, and presents \*\*\*\*\* with EGR tubing 13A (EGR1) (step K8).

[0136] On the other hand, if the field decision in step K3 is N2, engine-speed Ne-HYS2 of a field change will be set to the minimum of a hysteresis (step K3-> K9). And when the above-mentioned engine speed Ne is lower than the minimum of a hysteresis, a field is set to N1, main control is presented with EGR tubing 13B (EGR2), and \*\*\*\*\* is presented with EGR tubing 13A (EGR1) (steps K10-K12). When the engine speed Ne concerned is more than the minimum of a hysteresis, a field presents main control with EGR tubing 13A (EGR1) as with N2, and presents \*\*\*\*\* with EGR tubing 13B (EGR2) (step K10-> K13).

[0137] It means that main control carries out feedback control of the EGR valve here so that it may become target air-fuel ratio TA/F (air-fuel ratio which can aim at coexistence of reduction of NOx, and reduction of a smoke) previously explained based on the inhalation air content. For example, if it shifts to main control when the EGR tubing concerned is a closed state, as shown in drawing 44 , the opening of the EGR valve concerned increases and it converges on target opening. On the other hand, \*\*\*\*\* means carrying out

opening control of the EGR valve so that the opening may change to a close by-pass bulb completely with predetermined rate of change.

[0138] therefore, the pulsating property which affects exhaust air reflux changes by the change of the EGR tubing 13A (EGR1) and 13B (EGR2) based on the above-mentioned engine speed, and a continuous line shows to drawing 40 -- as -- each -- it becomes possible to be able to avoid that the size of the EGR rate of gas column #1-#4 is reversed by the engine speed, and to make almost equal the difference of the EGR rate between gas columns in all engine speeds.

[0139] At this example, it is N1 and N2. Although the case where it classified into two fields was explained, it is also the same as when it is not limited to two fields but classifies into two or more fields N1 and N2 and --Nk.

[0140] therefore, the thing for which this is treated as a solid-state difference between gas columns, and weighting according to the solid-state difference is given to each controlled variable about the difference of the EGR rate between such gas columns in the exhaust air reflux control (control of an EGR rate) for every gas column -- it is avoidable to produce a difference in the EGR rate and air-fuel ratio of each gas column. That is, the problem that the yield of NOx or a smoke varies between gas columns, and NOx as the whole engine and the yield of a smoke increase is solvable.

[0141] In addition, the result shown in drawing 40 as a continuous line is the thing of the example which divided the field by engine-speed 1750rpm, and carried out change use of the EGR tubing 13A (EGR1) and 13B (EGR2). Moreover, in this drawing, in order to make clear the difference of the EGR rate of each gas column, the scale of an EGR rate is expanded considerably and drawn.

[0142] Moreover, if the die length and volume (volume) of EGR tubing change, since the relation (phase-relation) of the inhalation-of-air pulsation and exhaust air pulsation which affect an EGR rate will change, the above-mentioned dispersion between gas columns is also cancelable with the same control as the above-mentioned case using this.

[0143] Drawing 45 shows the path configuration in the case of changing the die length of EGR tubing according to change of an engine speed. Namely, one EGR tubing 13 by which both ends were connected to the inhalation-of-air path and the flueway on the way, when the part is divided into EGR tubing 13A with short die length, and long EGR tubing 13B, the closing motion valves 13a and 13b are formed in the each and either of the double door clausiliums 13a and 13b is made open by the driving source 62. It is made to interlock so that another side may serve as close, selection use of EGR tubing 13A and the EGR tubing 13B is carried out, and dispersion between gas columns is canceled. Even if the change between this EGR tubing 13A and EGR tubing 13B is a method which arranges the bulb of 1 at the junction of both tubing, and changes the free passage direction, it prepares a bulb in each tubing and may be operated according to each of that individual.

[0144] By preparing closing motion valve 13a only in one side of the two branched EGR tubing 13A and 13B, and making this closing motion valve 13a open and close, drawing 46 is changed when using the case where only short EGR tubing 13A is used, and both the EGR(s) tubing 13A and 13B, and it cancels dispersion between gas columns.

[0145] It seems that moreover, the flexible section of bellows and others is prepared in the middle of this tubing, and the die length of this flexible section may be changed as a means which changes the path die length of EGR tubing. Furthermore, what is necessary is to connect a chamber in the middle of this EGR tubing, to arrange the piston for changing that volume to this chamber, and just to make it drive this piston, in changing the volume of EGR tubing.

[0146] The amount required of <change of use number of two or more EGR tubing> exhaust air reflux changes with engine operational status and others. Then, as shown in drawing 41, two or more EGR tubing 13A (EGR1) and 13B (EGR2) is formed, and the use number is changed according to engine operational status.

[0147] - The contents of change control of the contents-EGR tubing use number of control are shown in drawing 47. It judges whether EGR concomitant use decision uses together the EGR tubing 13A (EGR1) and 13B (EGR2) according to engine operational status, or either is used (step L1). That is, using fuel oil consumption F, while it is decreasing, both the EGR(s) tubing 13A (EGR1) and 13B (EGR2) is used together, and either of both the EGR(s) tubing 13A (EGR1) and 13B (EGR2) is chosen and used for a list at the time of acceleration operation at the time of steady operation to which fuel oil consumption F is not decreasing. The change control by the operating range N1 and N2 for abolishing dispersion between gas columns of an above-mentioned EGR rate performs this alternative use.

[0148] If EGR tubing which sets a flag during concomitant use and has been closed now is EGR tubing 13A

(EGR1) when concomitant use of both the EGR(s) tubing 13A (EGR1) and 13B (EGR2) is judged EGR valve 14 of this EGR tubing 13A (EGR1) A (EGR1) is set to full open, and feedback control of the EGR valve 14 of EGR tubing 13B (EGR2) B (EGR2) is carried out based on an inhalation air content (step L2 - L6). If EGR tubing closed now is EGR tubing 13B (EGR2), EGR valve 14 of this EGR tubing 13B (EGR2) B (EGR2) will be set to full open. Feedback control of the EGR valve 14 of EGR tubing 13A (EGR1) A (EGR1) is carried out for every gas column so that it may become demand opening (the amount of EGR(s) from which target air-fuel ratio TA/F is obtained) based on a detection inhalation air content (step L4-> L7, L8).

[0149] When it is judged that it is not the operational status which uses together both the EGR(s) tubing 13A (EGR1) and 13B (EGR2), while current is using together and feedback control of the EGR valve 14 of EGR tubing 13A (EGR1) A (EGR1) is carried out based on the inhalation air content, the target opening of EGR valve 14B (EGR2) of another side which is opened fully is set to a close by-pass bulb completely (steps L9-L11). And when this EGR valve 14B (EGR2) becomes a close by-pass bulb completely, a flag is reset during concomitant use (steps L12 and L13). While current is using together and feedback control of the EGR valve 14 of EGR tubing 13B (EGR2) B (EGR2) is carried out based on the inhalation air content, the target opening of EGR valve 14A (EGR1) is set to a close by-pass bulb completely, and when this EGR valve 14A (EGR1) becomes a close by-pass bulb completely, a flag is reset during concomitant use (steps L14 and L15).

[0150] therefore, the thing for which both the above-mentioned EGR(s) paths 13A and 13B are used together when the amount required of exhaust air reflux (EGR) increases rapidly -- the actual amount of EGR(s) can be made to increase rapidly so that the demand may be balanced

[0151] That is, as shown in drawing 48, when it is returned at the time of moderation, i.e., treading in of an accelerator pedal, and fuel oil consumption decreases, the amount required of EGR increases rapidly. This is for avoiding that an air-fuel ratio becomes Lean too much, and the amount of NOx increases. However, as shown in the middle of this drawing, when the number of EGR paths is one, the actual amount of EGR(s) cannot be made to increase rapidly by the relation which carries out feedback control of the EGR valve, so that a demand may be balanced. On the other hand, by performing the above-mentioned concomitant use control, as shown in the lower berth of this drawing, it is avoidable that can make the actual amount of EGR (s) increase rapidly so that a demand may be balanced, and an air-fuel ratio becomes Lean too much temporarily, and NOx increases rapidly.

[0152] In addition, by starting clogging by the particle component which this is exhausting, and exhaust gas pressure's going up, and removing such a clogging object, although the above-mentioned example is made to perform concomitant use decision of EGR tubing based on engine operational status, when the catalytic converter 12 is formed in the flueway 3, exhaust gas pressure may change so that it may say that exhaust gas pressure falls. Moreover, in concomitant use with a VGT supercharger, exhaust gas pressure changes with the locations of the adjustable vane of VGT. Change of this exhaust gas pressure has direct effect on the amount of EGR(s) by the EGR path. It follows, for example, when exhaust gas pressure is high, one EGR tubing performs exhaust air reflux control, when exhaust gas pressure is low, with two or more EGR tubing, it is made to perform exhaust air reflux control, and it can be carried out.

---

[Translation done.]

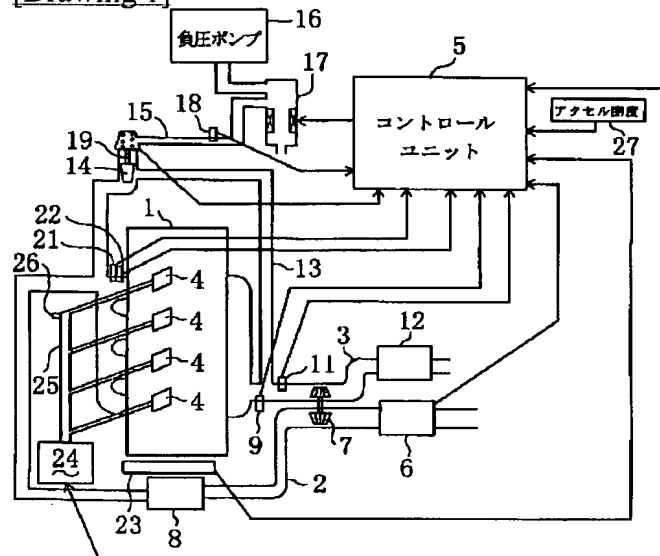
## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

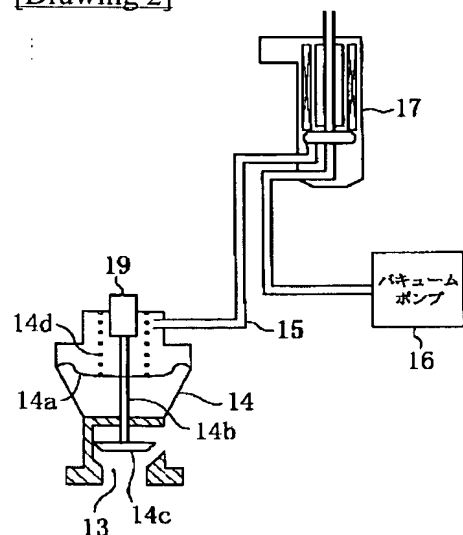
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

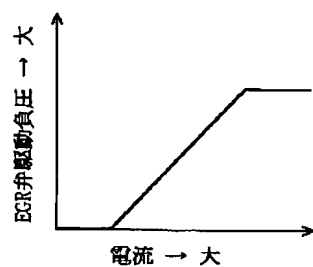
[Drawing 1]



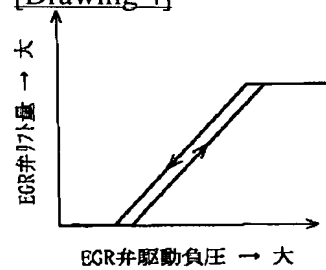
[Drawing 2]



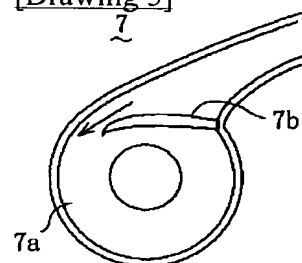
[Drawing 3]



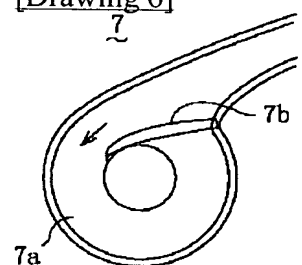
[Drawing 4]



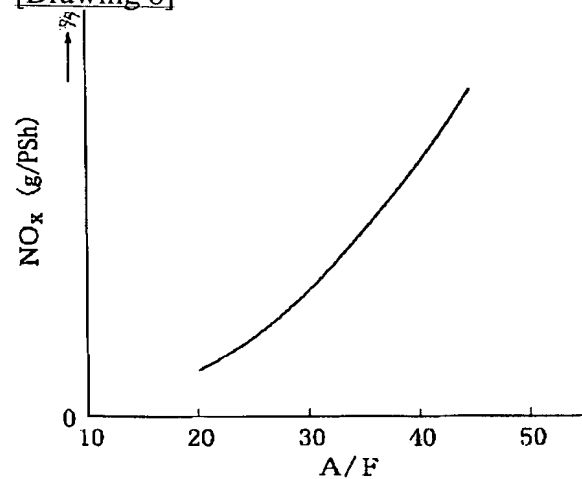
[Drawing 5]



[Drawing 6]

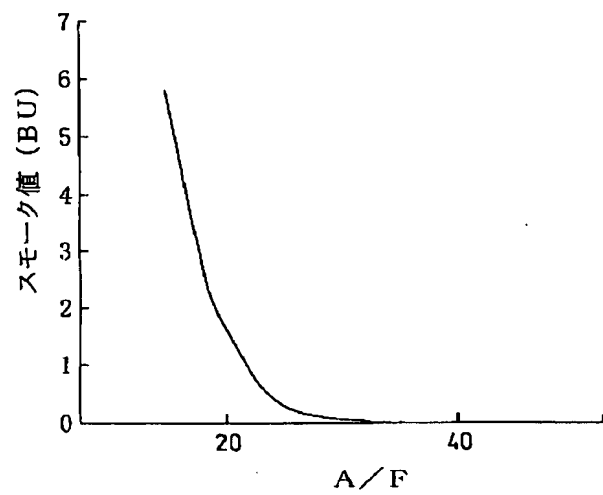


[Drawing 8]

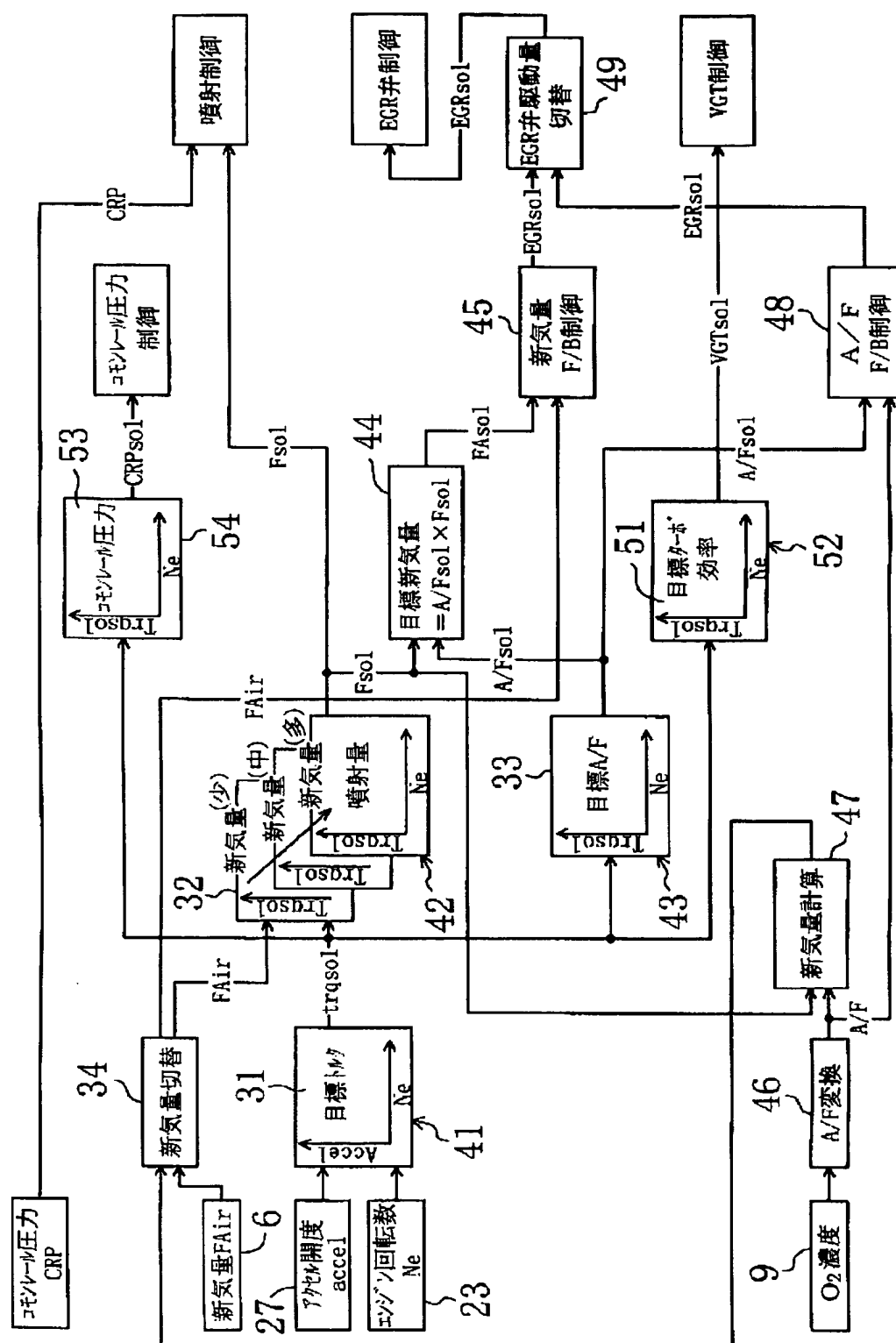


[Drawing 9]

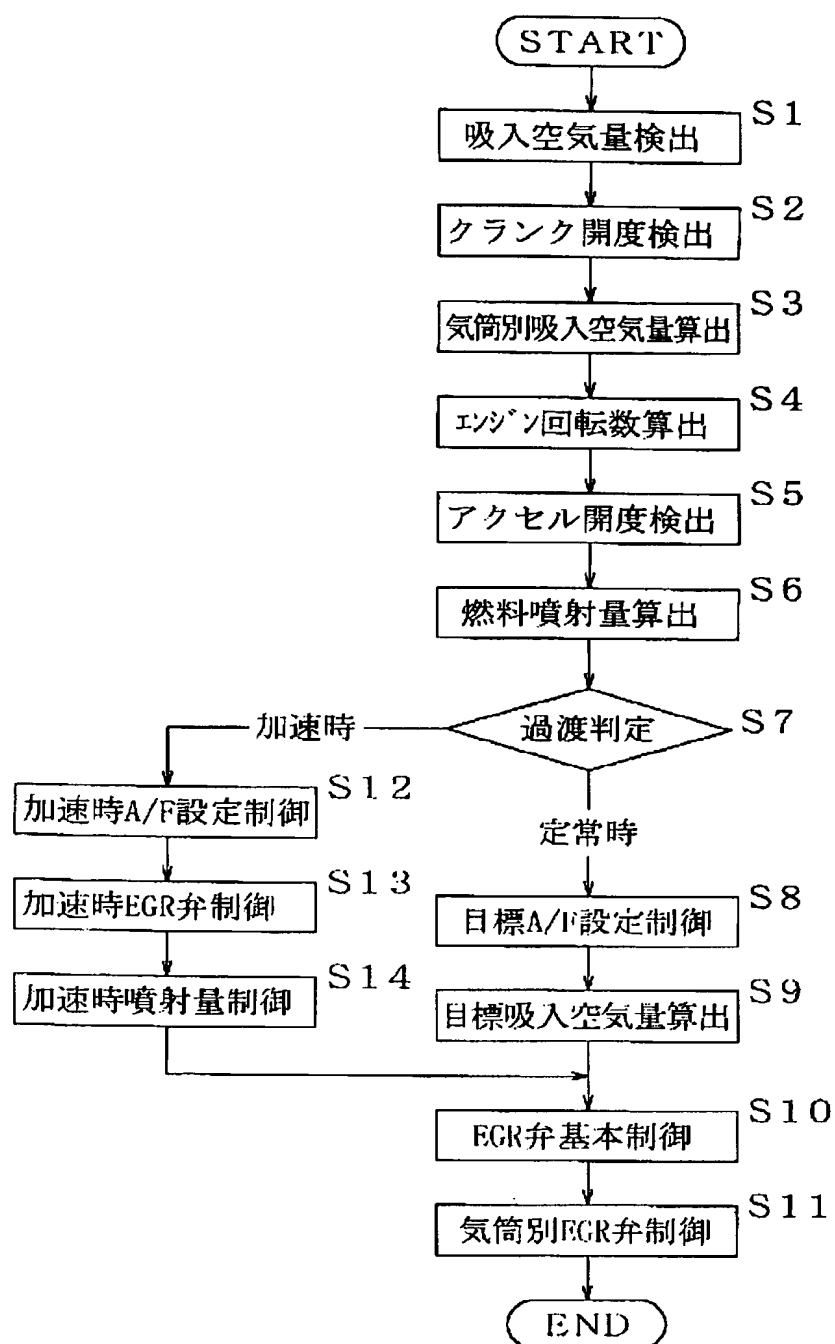




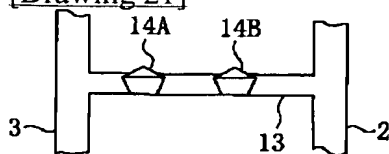
[Drawing 7]



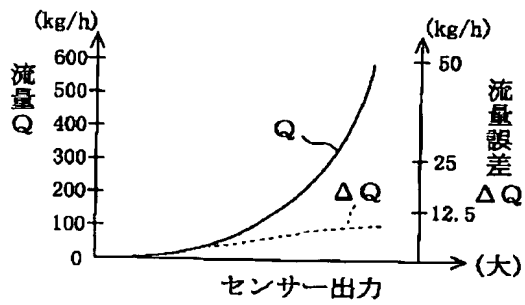
[Drawing 10]



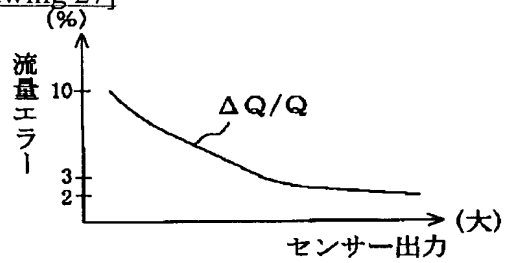
[Drawing 21]



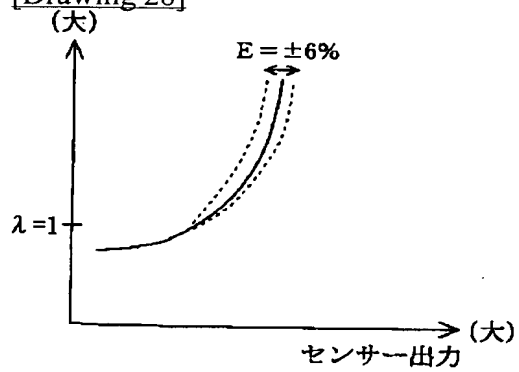
[Drawing 26]



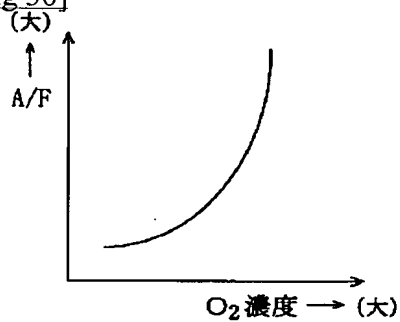
[Drawing 27]



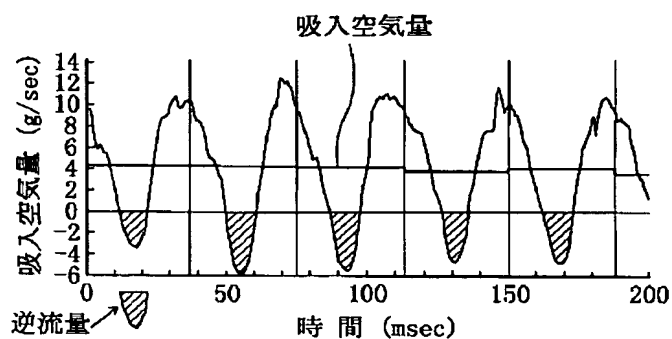
[Drawing 28]



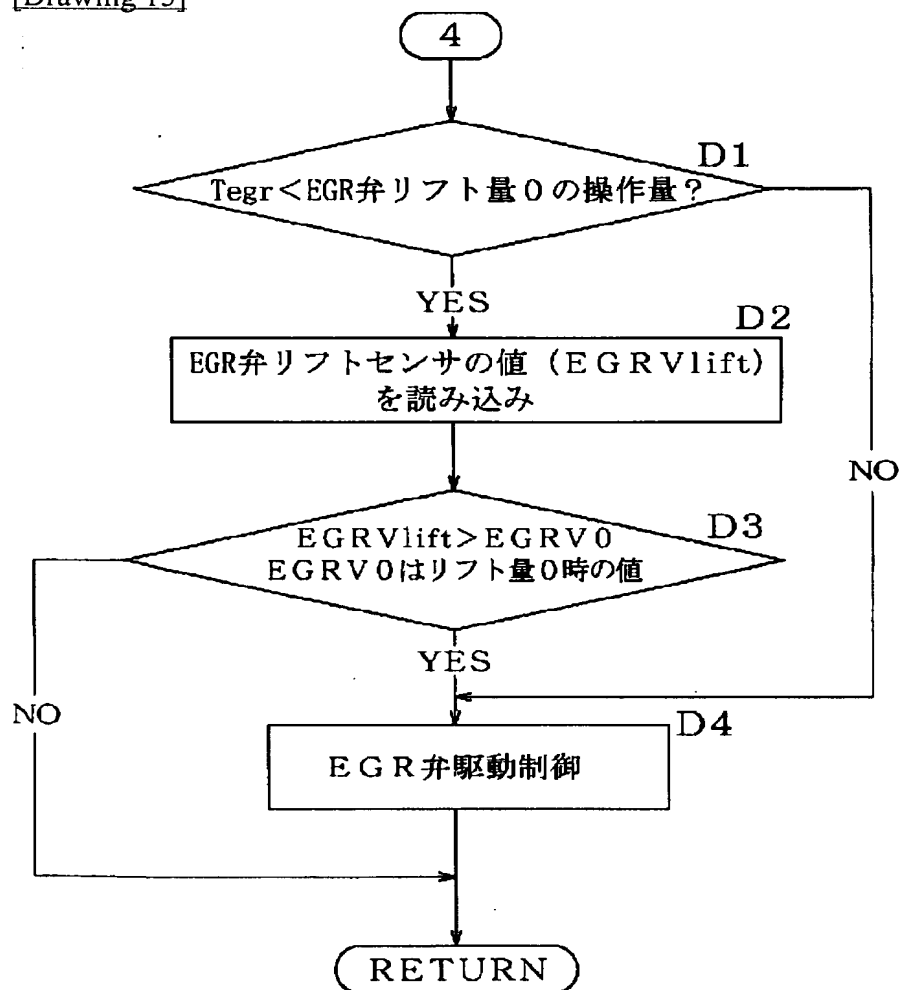
[Drawing 30]



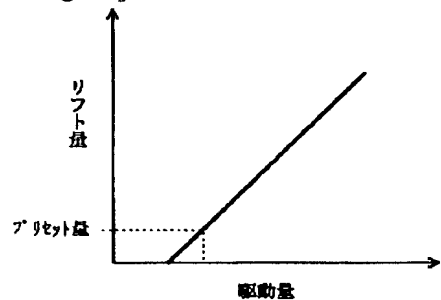
[Drawing 11]



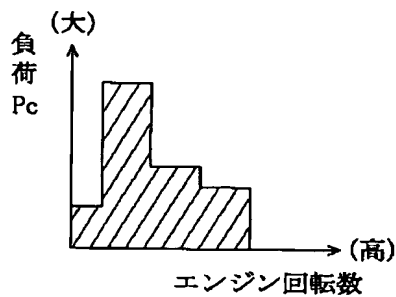
[Drawing 15]



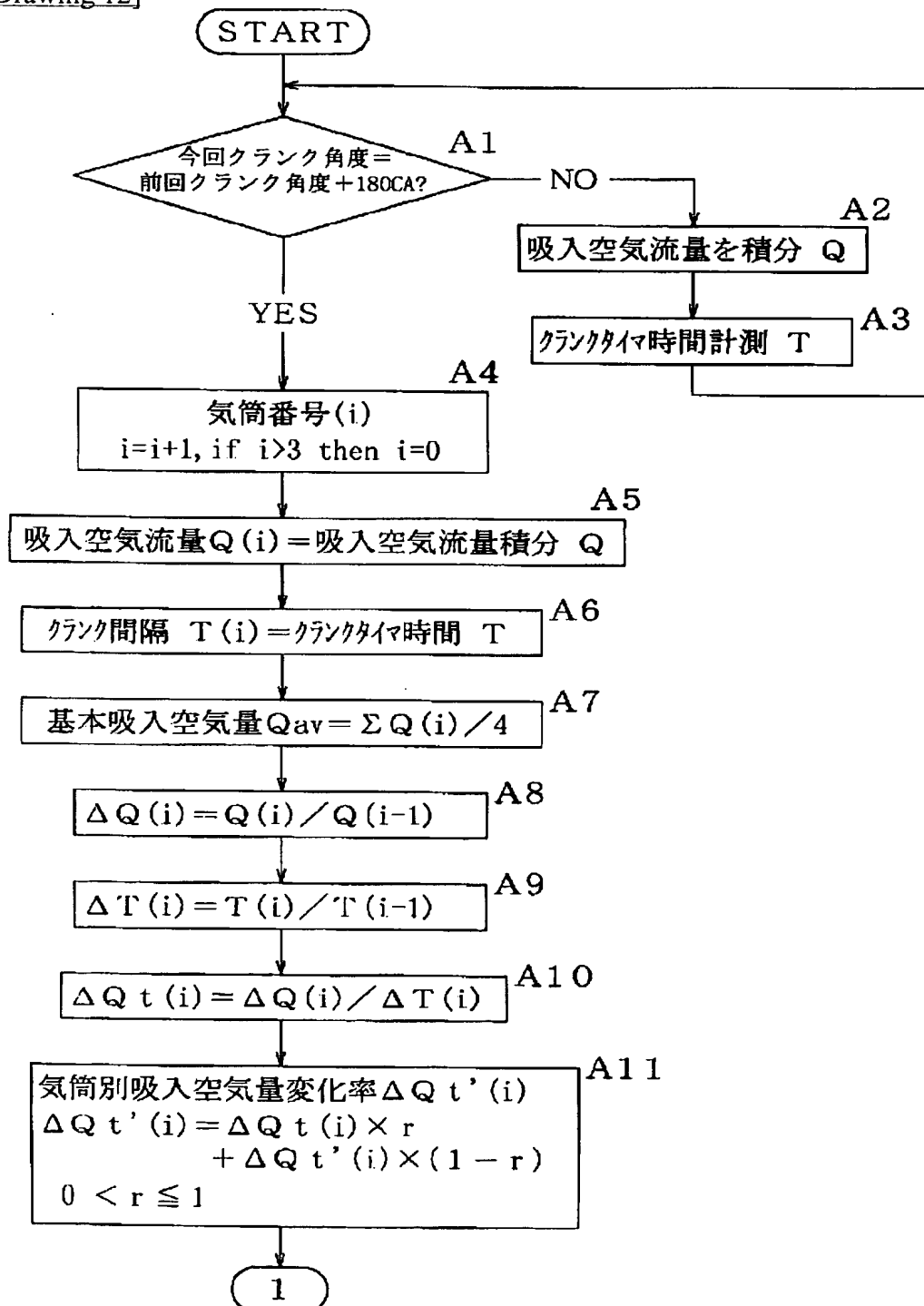
[Drawing 16]



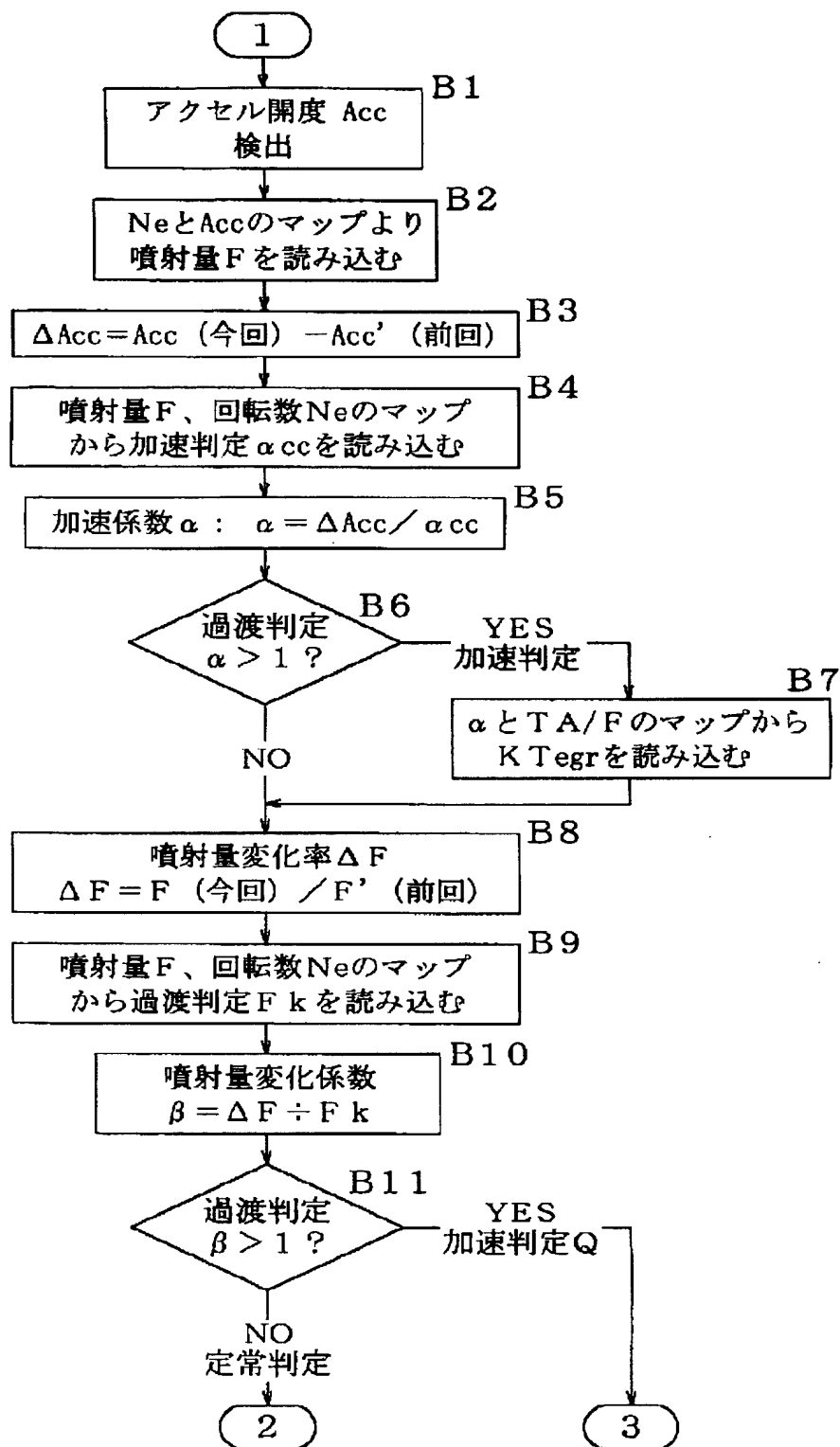
[Drawing 32]



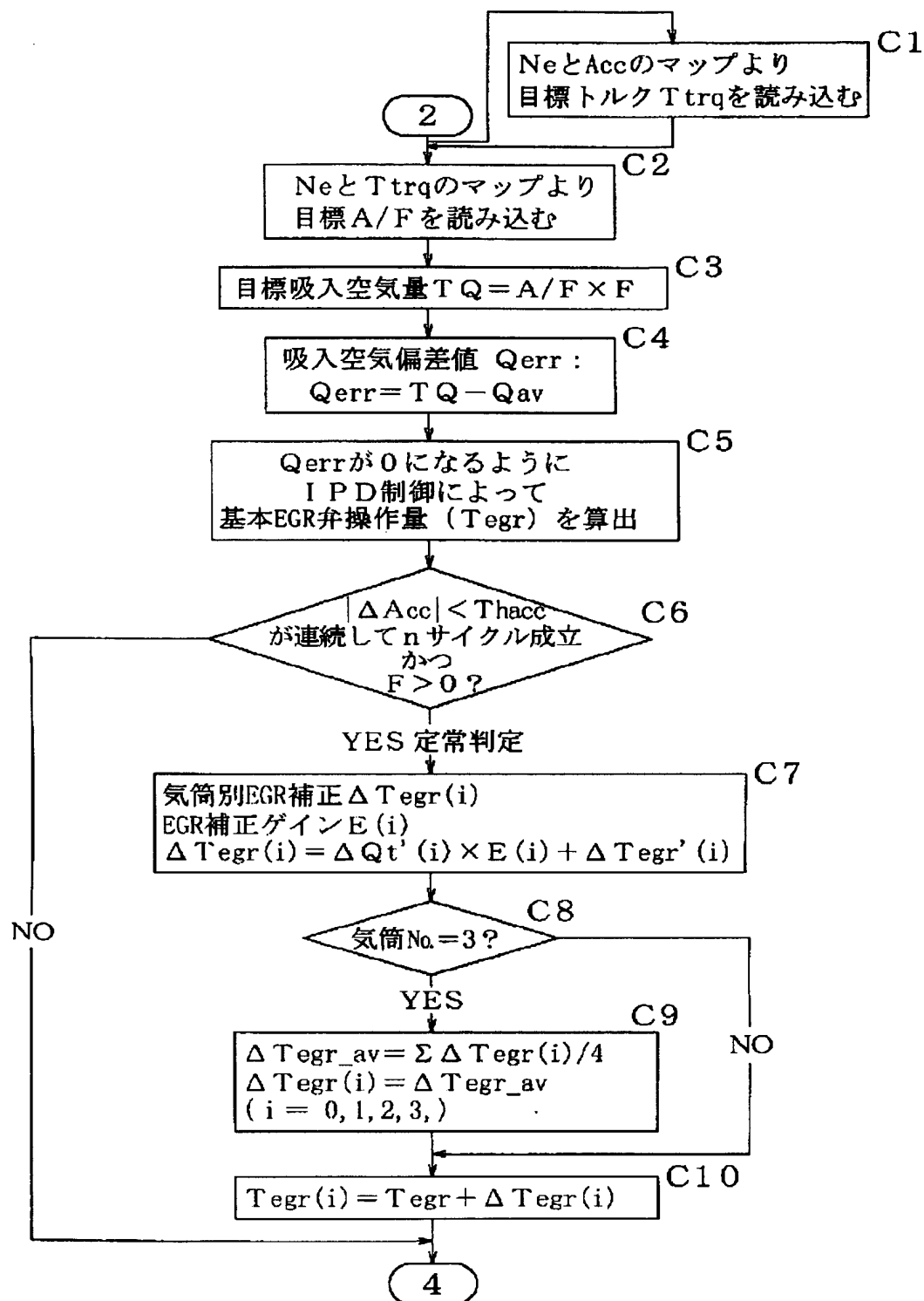
[Drawing 12]



[Drawing 13]

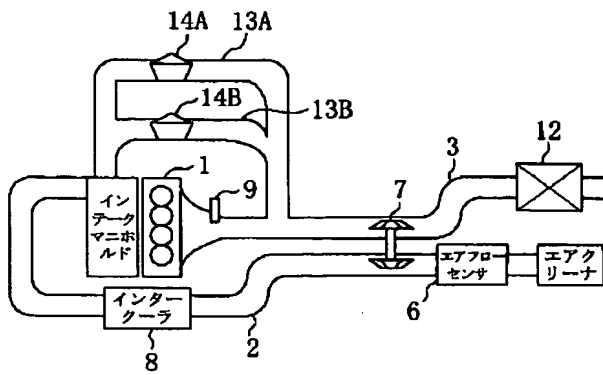


[Drawing 14]

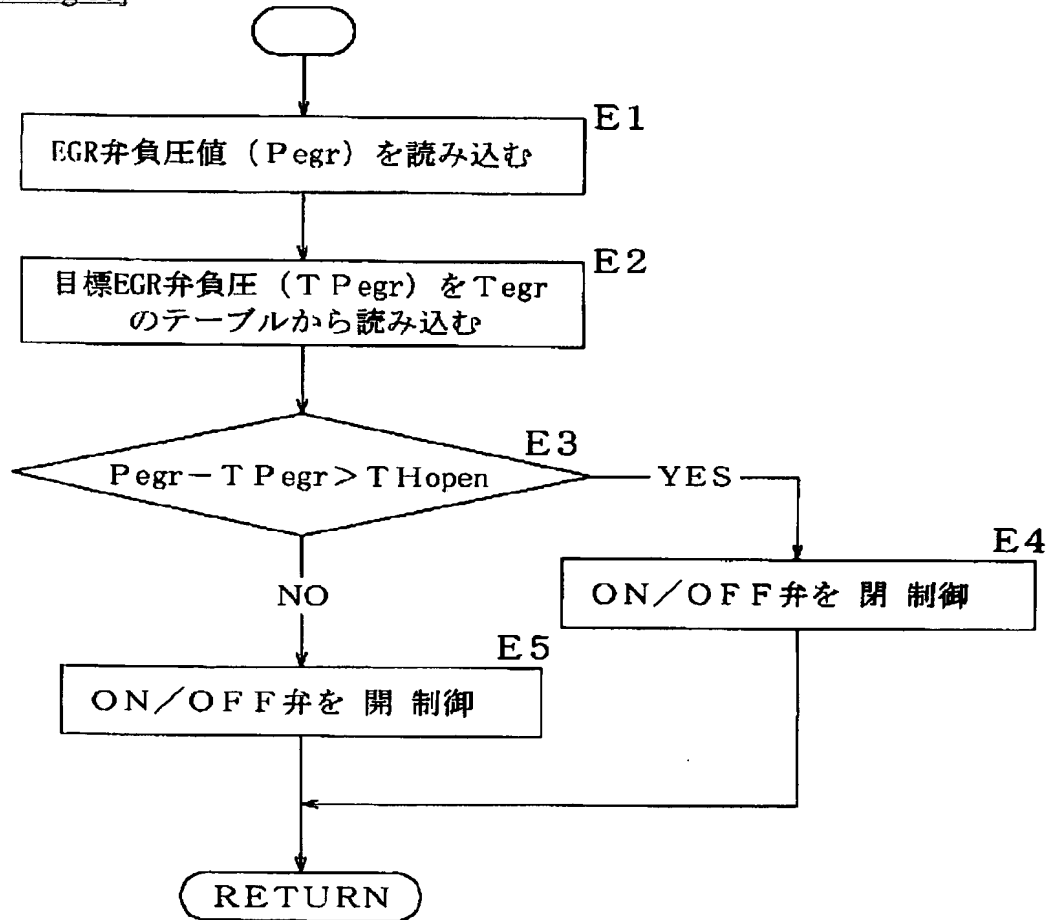


[Drawing 17]

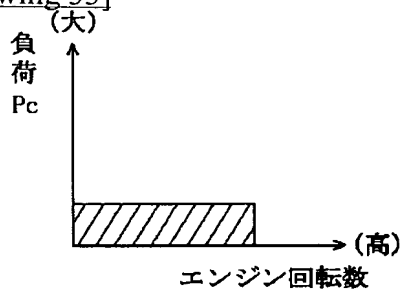




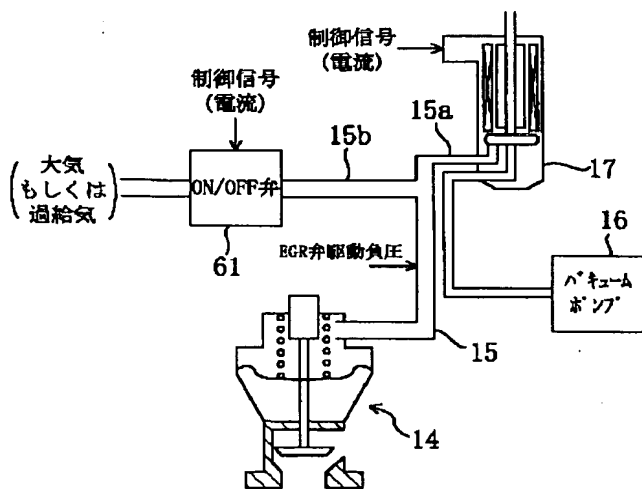
[Drawing 18]



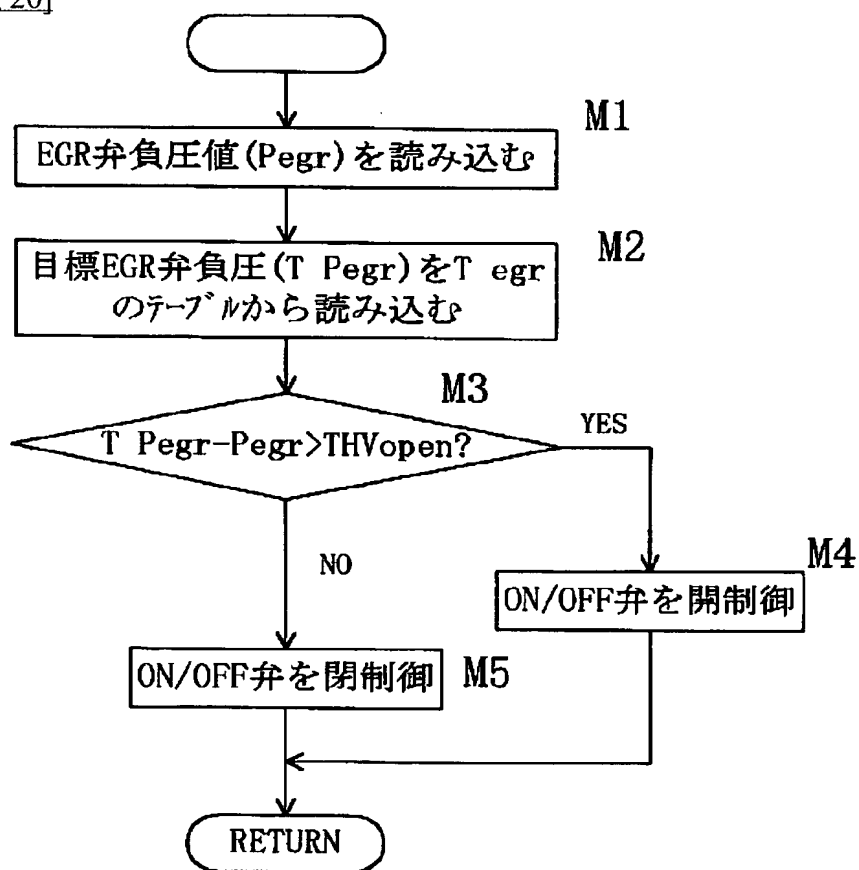
[Drawing 33]



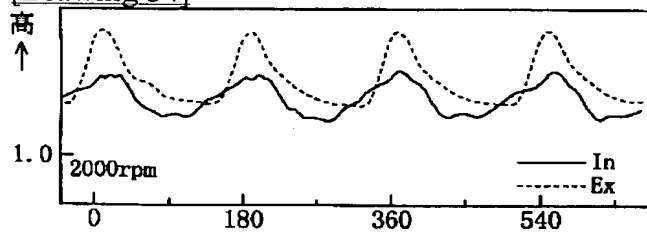
[Drawing 19]



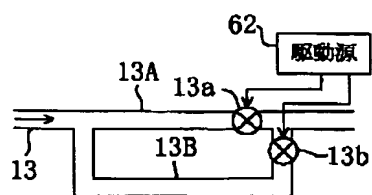
[Drawing 20]



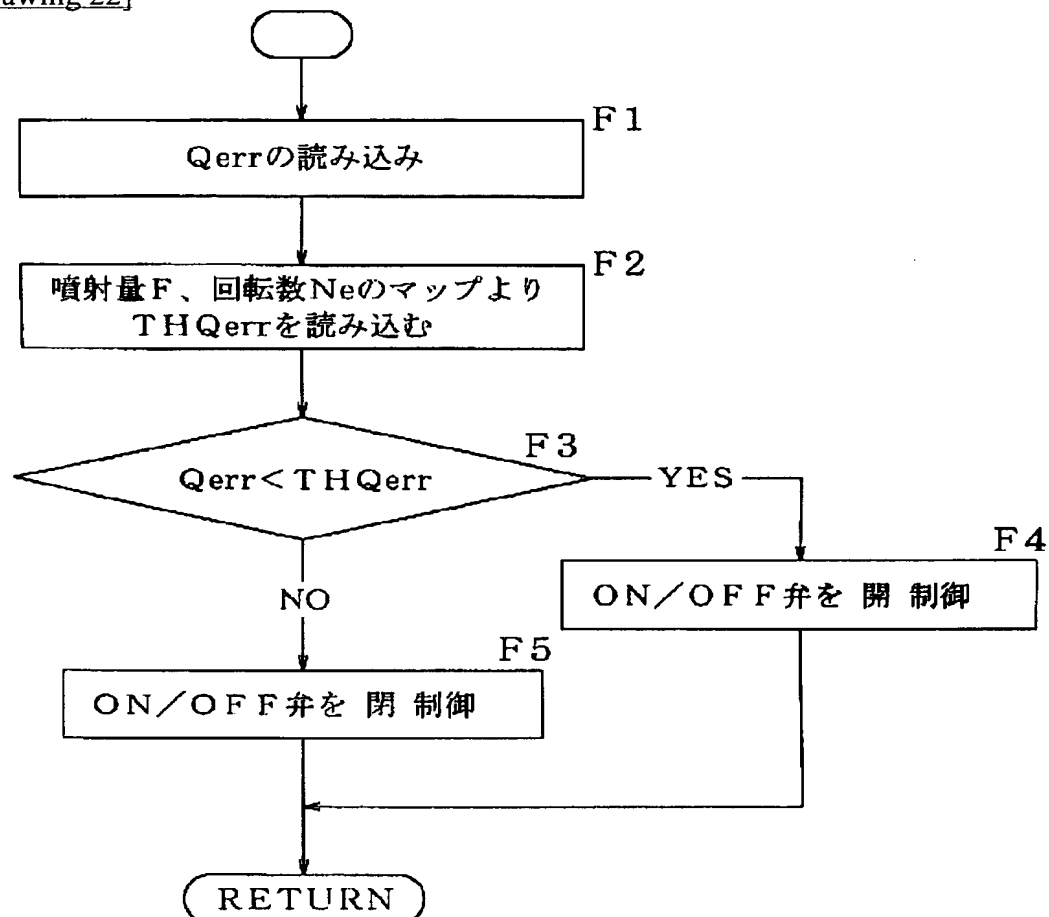
[Drawing 34]



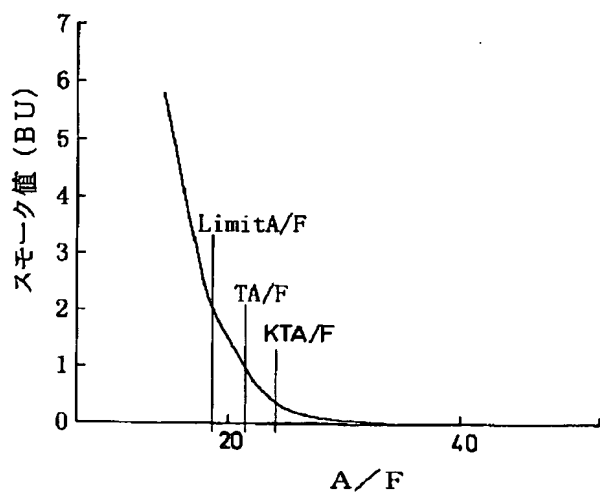
[Drawing 45]



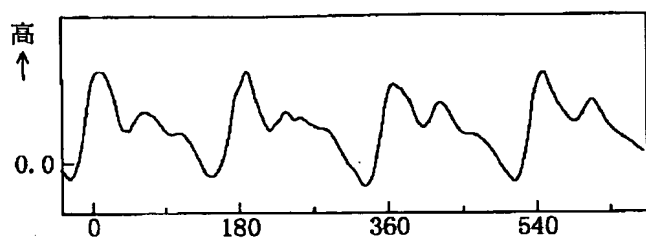
[Drawing 22]



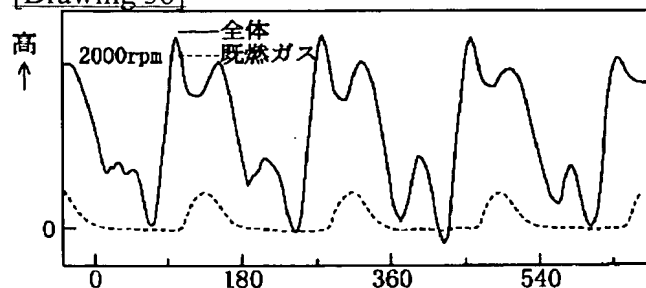
[Drawing 24]



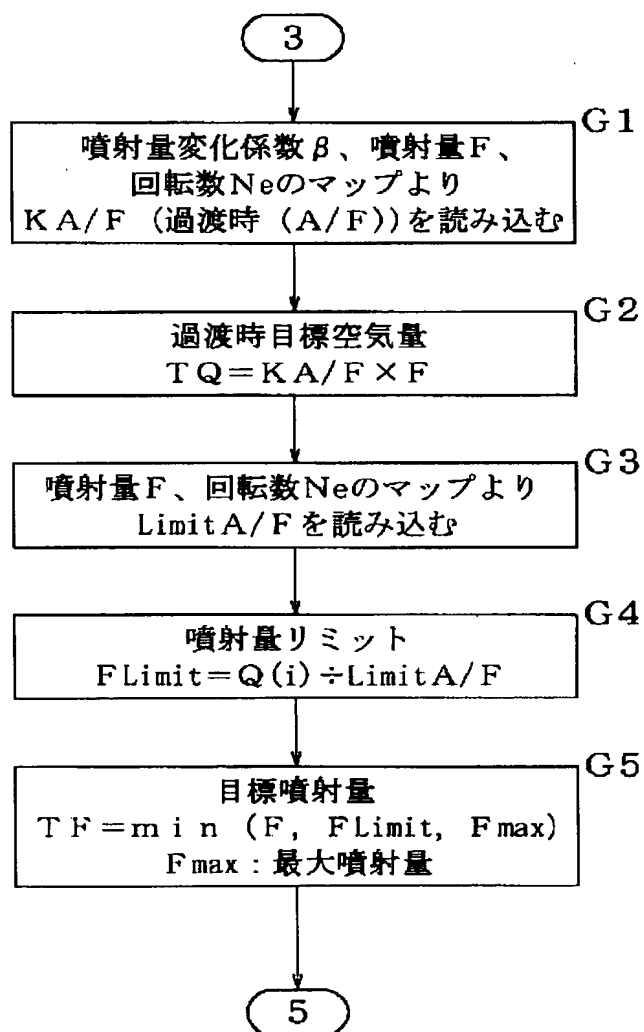
[Drawing 35]



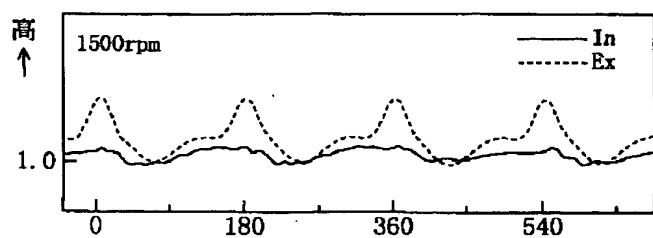
[Drawing 36]



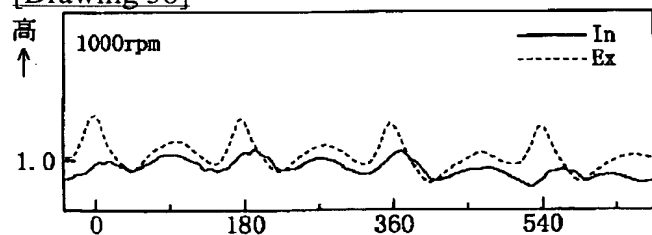
[Drawing 23]



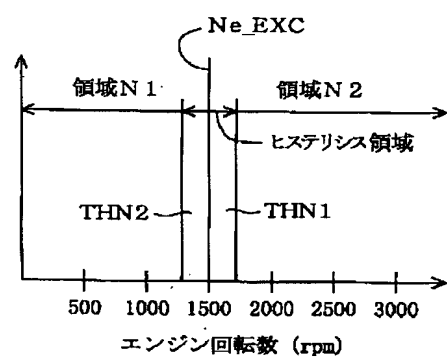
[Drawing 37]



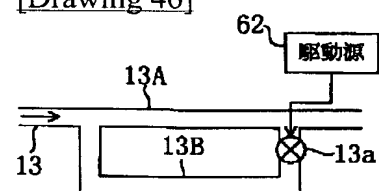
[Drawing 38]



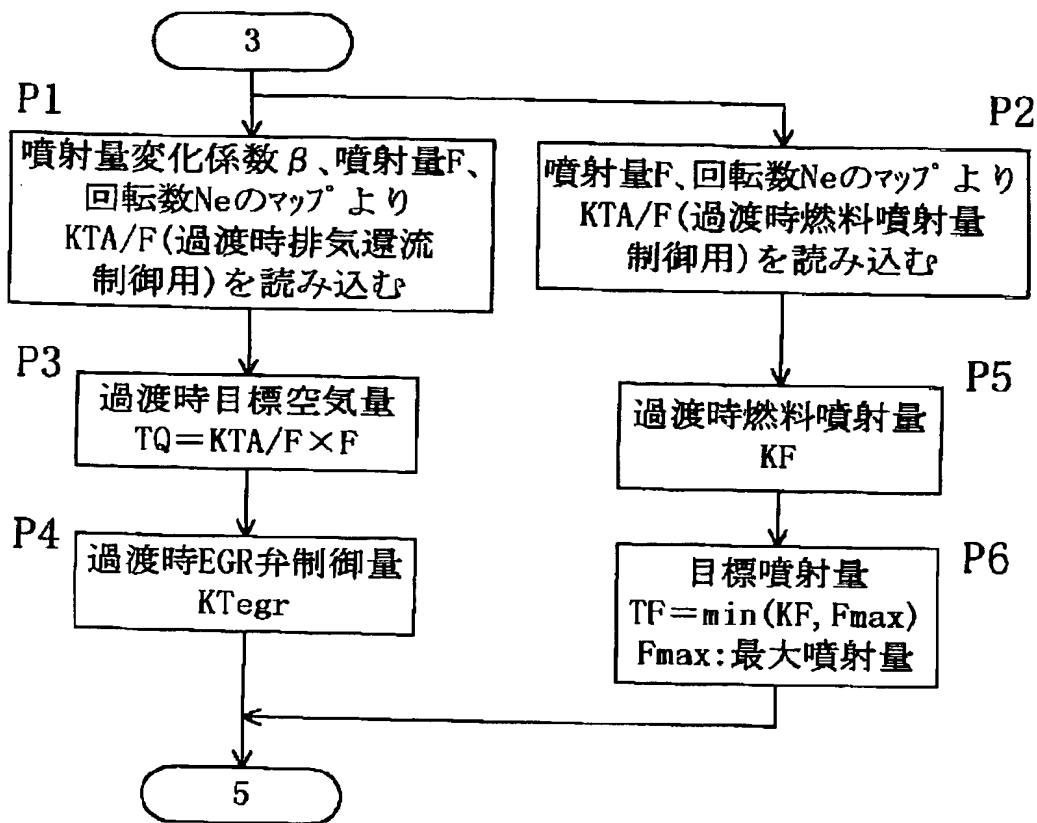
[Drawing 42]



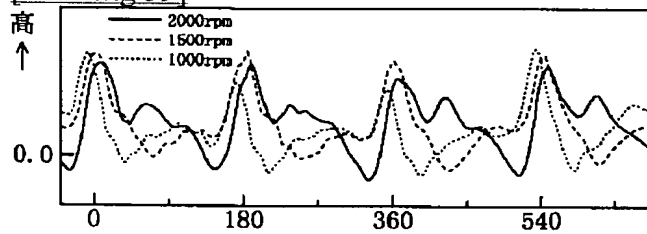
[Drawing 46]



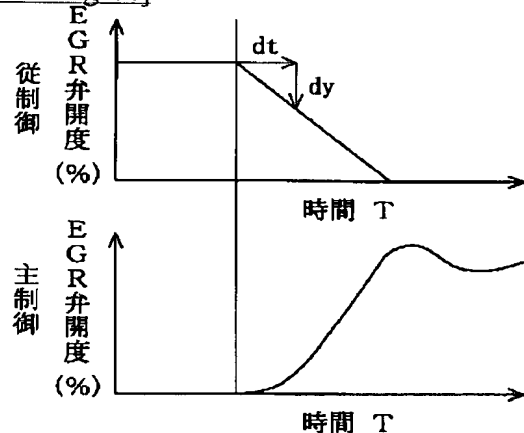
[Drawing 25]



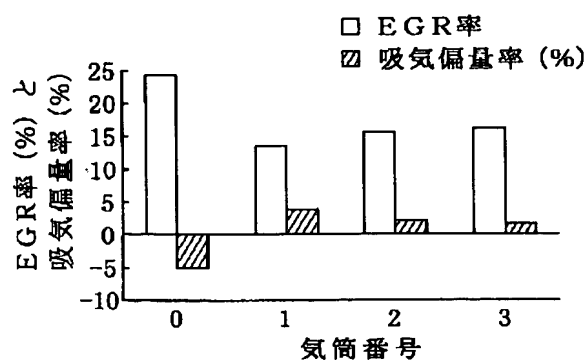
[Drawing 39]



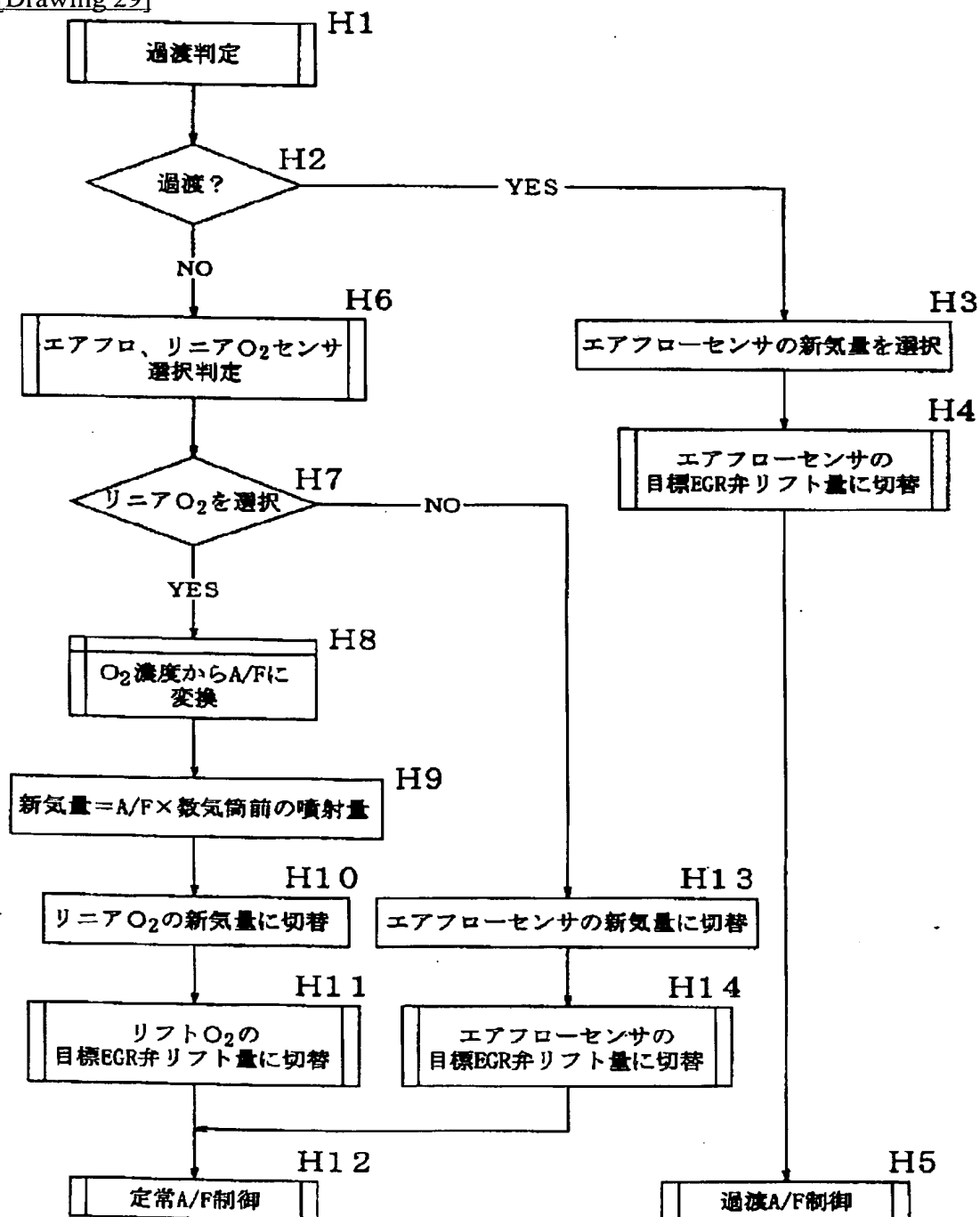
[Drawing 44]



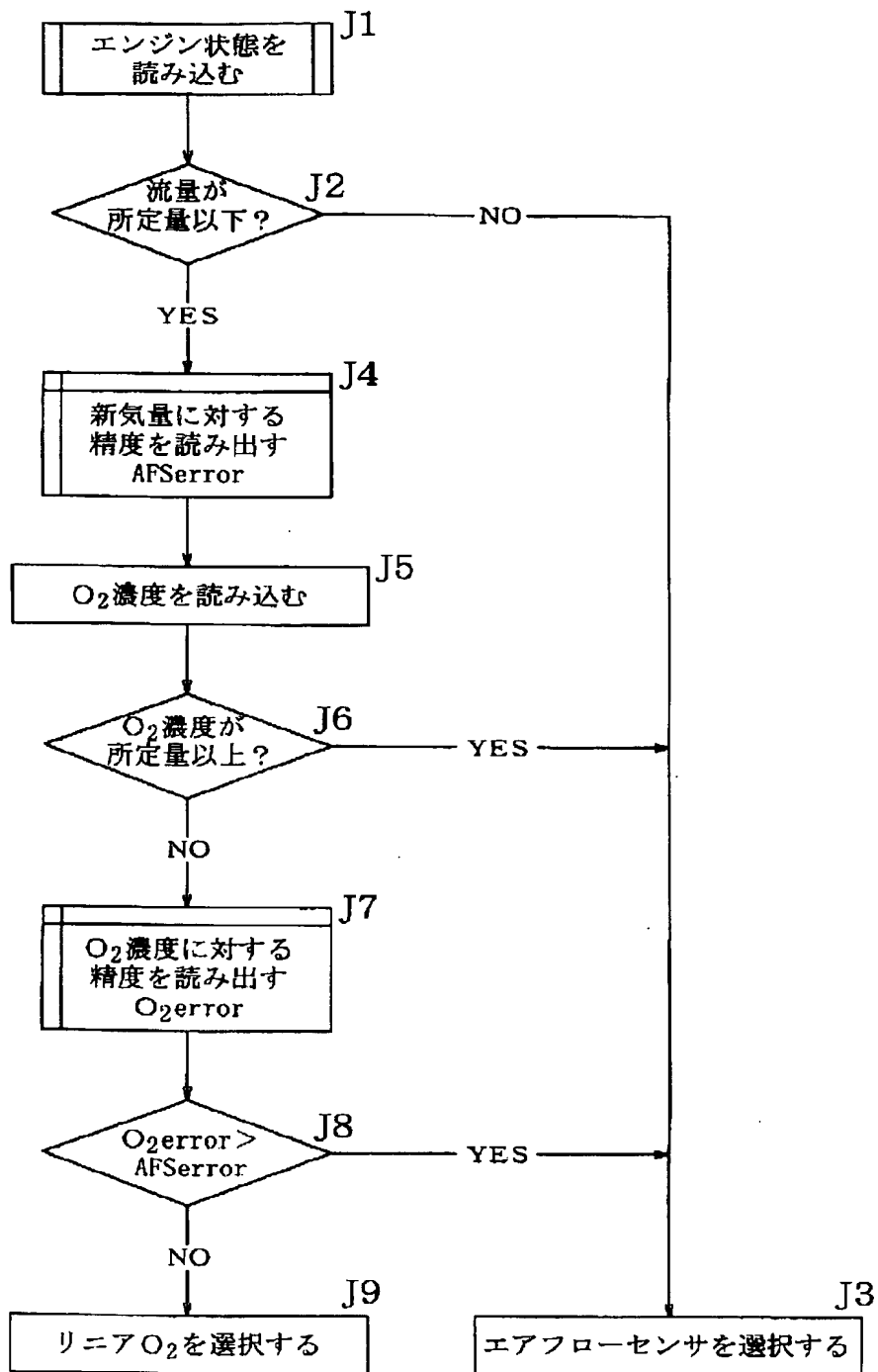
[Drawing 49]



[Drawing 29]

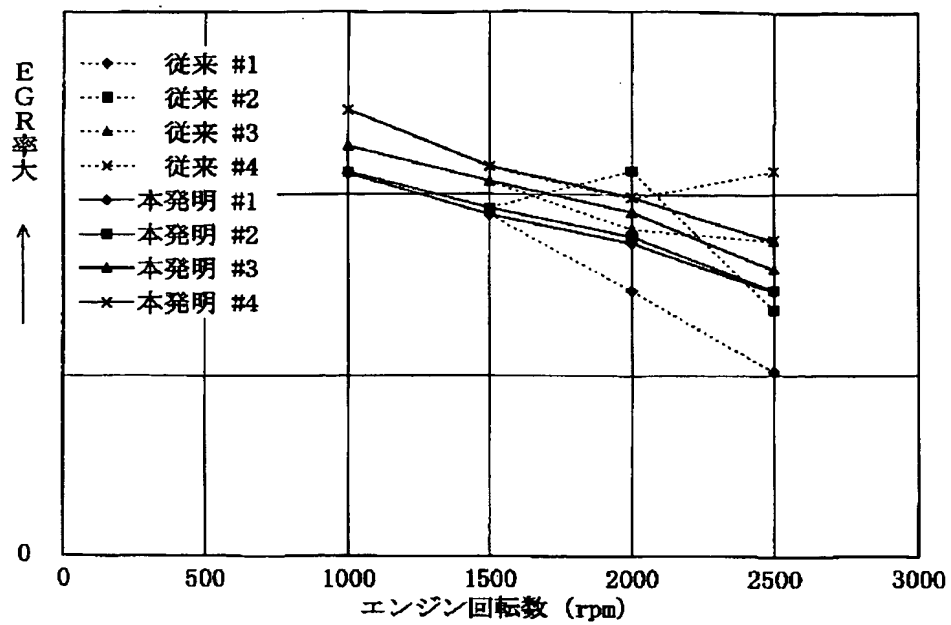


[Drawing 31]

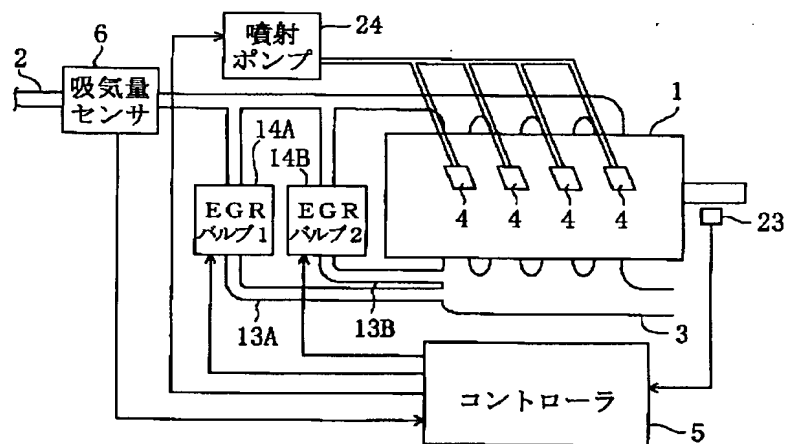


[Drawing 40]

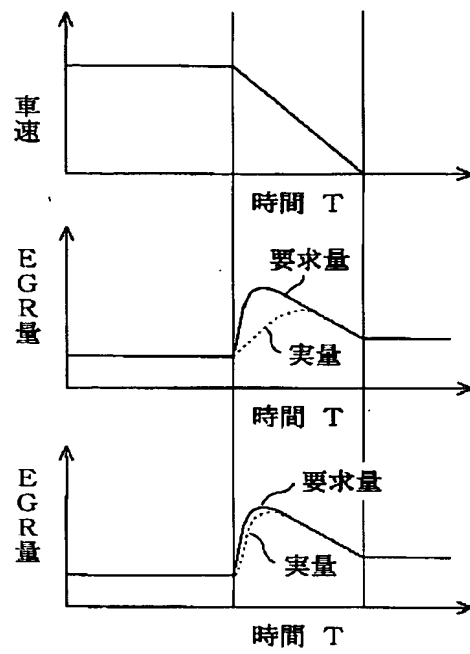




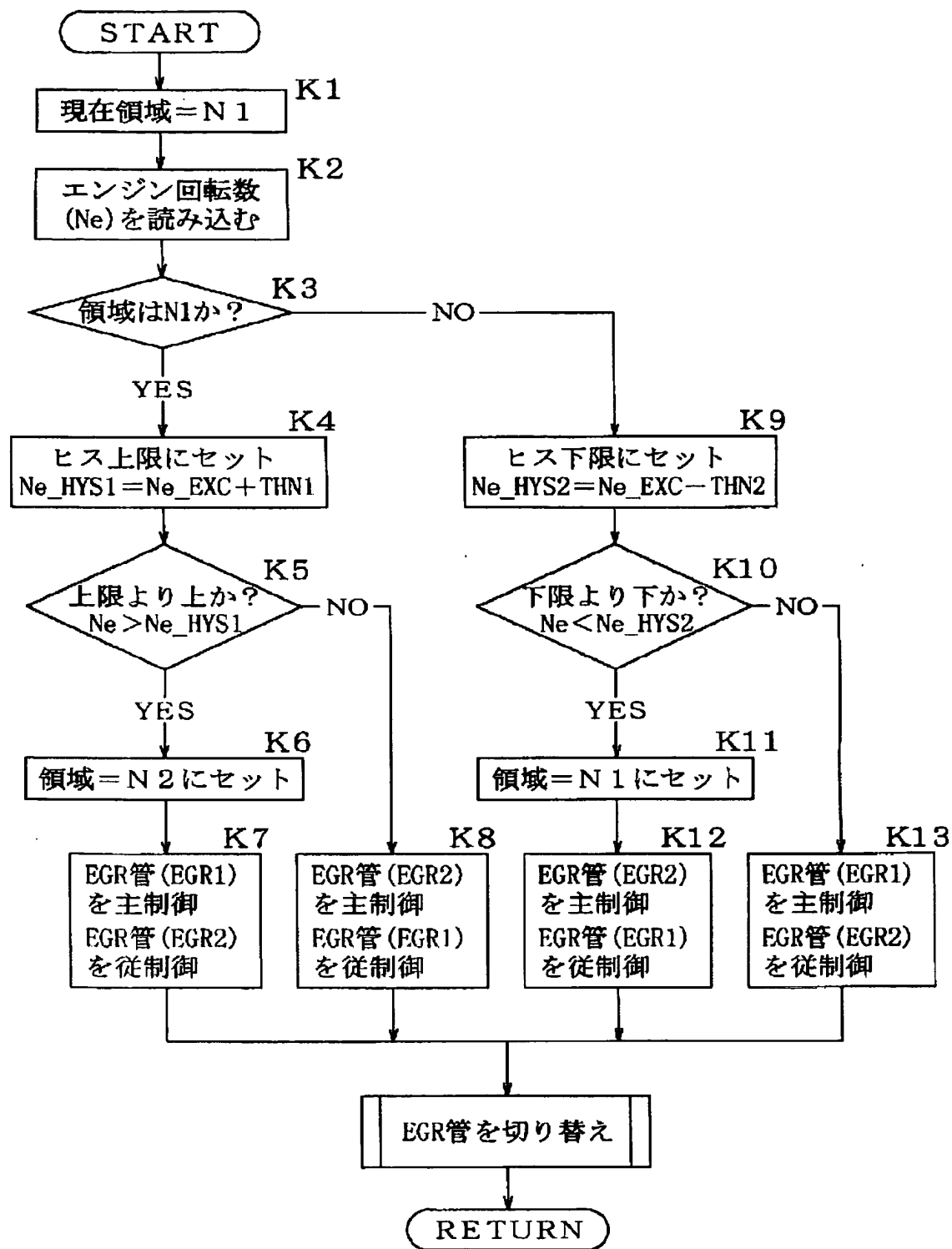
[Drawing 41]



[Drawing 48]



[Drawing 43]



[Drawing 47]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-36994

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月9日

(51) Int.Cl.<sup>a</sup>  
F 0 2 M 25/07

識別記号  
5 7 0

F I  
F 0 2 M 25/07

5 7 0 J  
5 7 0 P  
5 5 0 A

F 0 2 B 37/00  
F 0 2 D 23/00

5 5 0  
3 0 2

F 0 2 B 37/00  
F 0 2 D 23/00

3 0 2 F  
J

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 35 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-192342

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月17日

(71) 出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72) 発明者 斉藤 智明

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
株式会社内

(72) 発明者 林原 寛

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
株式会社内

(72) 発明者 瀬尾 宜英

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
株式会社内

(74) 代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

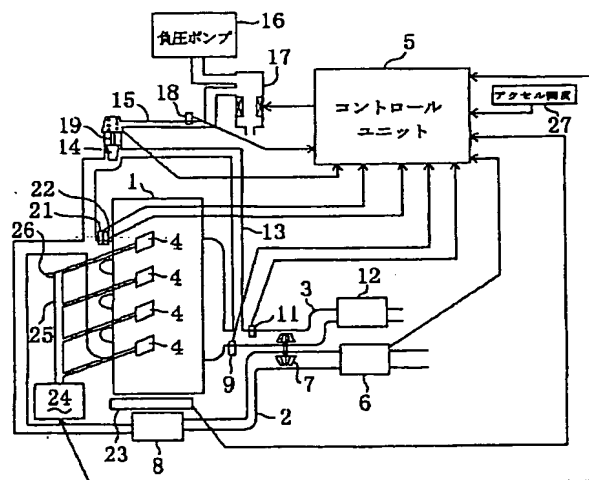
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置

(57) 【要約】

【課題】ターボ過給機7を備えたエンジンにおいて、定常運転時に多量の排気を還流させることによってNOxの低減を図りながら、加速応答性を高める。

【解決手段】加速運転時の目標空燃比を定常運転時の目標空燃比よりもリーン側に設定し、定常運転時及び加速運転時の各々において、検出される吸入空気量と燃料噴射量とに基づいて、それぞれの目標とする空燃比となるように排気還流量を調節する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 エンジンの排気を利用するターボ過給機と、排気通路の該ターボ過給機のタービンが配設された部位よりも上流側から排気の一部を取り出して該ターボ過給機のフロアが配設された部位よりも下流側に還流させる排気還流通路とを備え、且つアクセル操作量に基づいて燃焼室への燃料の噴射量が決定されるターボ過給機付直接噴射式エンジンの排気還流制御装置において、上記吸気通路に設けられた吸入空気量を検出するためのセンサと、

上記燃料噴射量を求める手段と、

上記排気還流通路に設けられた排気還流量をリニアに調節する手段と、

エンジンが上記ターボ過給機によって過給をする運転状態にあるか否かを判別する手段と、

エンジンが上記過給運転状態にあるときの目標空燃比を設定する手段と、

エンジンが上記過給運転状態にあるときに、上記吸入空気量と燃料噴射量とに基づいて、上記目標とする空燃比となるように上記排気還流量調節手段の作動を制御する制御手段とを備えていることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、さらに、エンジンが低負荷ないし中負荷の定常運転状態にあるときの目標空燃比を設定する手段を備え、上記過給時の目標空燃比を設定する手段が、エンジンが上記定常運転状態から上記過給運転状態に入ったときの目標空燃比を設定するものであり、

上記制御手段が、エンジンが低負荷ないし中負荷の定常運転状態にあるときは上記定常時の目標空燃比となるように上記排気還流量調節手段の作動をフィードバック制御し、エンジンがこの定常運転状態から上記過給運転状態に入ったときに上記過給時の目標空燃比となるように上記排気還流量調節手段の作動をフィードバック制御することを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 3】 請求項 2 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、上記過給時の目標空燃比を設定する手段が、エンジンが上記定常運転状態から上記過給運転状態に入ったときに、上記定常時の目標空燃比よりもリッチ側の目標空燃比を設定することを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、エンジンが上記定常運転状態から上記過給運転状態に入ったときの、上記アクセル操作量の増大に対する燃料噴射量の増量を抑制する手段を備えていることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

2

【請求項 5】 請求項 4 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、上記燃料噴射量の増量抑制手段が、上記定常時の目標空燃比よりもリッチ側の所定の限界空燃比を越えないように、吸入空気量に応じて燃料噴射量の上限を定めるものであることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 6】 請求項 3 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、  
10 上記制御手段が、エンジンが上記定常運転状態から上記過給運転状態に入ったとき、空燃比が上記過給時の目標空燃比に所定レベル以上に近づくまでは、該目標空燃比によらずに、排気還流量が減少するように又は零となるように上記排気還流量調節手段を作動させることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 7】 請求項 2 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、さらに、

燃料噴射量を調節する手段と、

上記過給時に、上記排気還流制御のための目標空燃比とは別に燃料噴射量を制御するための目標空燃比を設定する手段と、

上記過給時に、上記排気還流制御と並行して、上記燃料噴射量制御用の目標空燃比となるように上記燃料噴射量調節手段の作動をフィードバック制御する燃料噴射量制御手段とを備えていることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 8】 請求項 7 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、  
30 上記過給時の燃料噴射量制御用の目標空燃比が上記過給時の排気還流制御用の目標空燃比よりもリッチ側に設定されることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 9】 請求項 8 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、  
上記過給時の燃料噴射量制御用の目標空燃比が上記定常時の目標空燃比よりもリッチ側に設定され、上記過給時の排気還流制御用の目標空燃比が上記定常時の目標空燃比よりもリーン側に設定されることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 10】 請求項 2 乃至請求項 9 のいずれか一に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、  
上記定常時の目標空燃比が、空燃比がリッチになることに伴って排気ガス中のスモーク量が增大する変化特性をみたときの、該スモーク量が緩増から急増に変化する  
50 ときの空燃比であることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 11】 請求項 10 に記載されているターボ過

3

給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、上記各気筒の定常時の目標空燃比が略同一であることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 1 2】 請求項 2 乃至請求項 1 1 のいずれかに記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、

上記ターボ過給機が、その A/R を変更することができるバリエブルジオメトリ型であり、エンジンが定常運転状態から過給運転状態に入ったときの A/R を小さくすることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 1 3】 請求項 2 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、上記排気還流通路として、開度をリニアに調節することができるリニア開閉弁が設けられた通路と、開・閉の 2 位置に切り替えられるオンオフ開閉弁が設けられた通路とを並列にして備えていて、

上記制御手段が、エンジンが定常運転状態にあるときに、上記オンオフ開閉弁を開として、目標とする空燃比となるように上記リニア開閉弁の開度をフィードバック制御し、エンジンが定常運転状態から過給運転状態に入ったときに上記オンオフ開閉弁を閉に制御することを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 1 4】 請求項 2 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、上記排気還流通路に、開度をリニアに調節することができるリニア開閉弁と、開・閉の 2 位置に切り替えられるオンオフ開閉弁とが直列に設けられていて、

上記制御手段が、エンジンが定常運転状態にあるときに、上記オンオフ開閉弁を開として、目標とする空燃比となるように上記リニア開閉弁の開度をフィードバック制御し、エンジンが定常運転状態から過給運転状態に入ったときに空燃比が上記過給時の目標空燃比に所定レベル以上に近づくまで上記オンオフ開閉弁を閉に制御することを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【請求項 1 5】 請求項 1 又は請求項 2 に記載されているターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、

上記排気還流量調節手段が、上記排気還流通路に設けられたダイヤフラム式開閉弁であり、

上記開閉弁の開度が零のときに該開閉弁の圧力室に所定のプリセット圧を与えるプリセット圧制御手段を備えていることを特徴とするターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】 本発明は、自動車等に搭載さ

4

れるターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】 特公昭 6 3 - 5 0 5 4 4 号公報には、過給機付ディーゼルエンジンの排気還流制御装置に関し、排気中の NOx（窒素酸化物）を減少させるために、排気還流量を調節することによって吸気（新気）の空気比入を調節することが記載されている。

【0 0 0 3】 特開平 6 - 2 2 9 3 2 2 号公報には、多気筒エンジンの排気還流制御装置に関し、気筒毎に吸入空気量を検出し、該吸入空気量に応じて排気還流量を調節することが記載されている。これは、気筒間の EGR（排気還流）率（＝EGR 量／吸入空気量）にばらつきを生じないようにする、つまり各気筒の EGR 率を同じにするものである。

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、ディーゼルエンジンは、空燃比がかなりリーン（希薄）な状態で運転されるため、NOx の排出量が多くなる。この問題に対しては、排気還流量を多くすることによって対処することができ、これにより NOx を低減させることができる。しかし、排気還流量を多くすると、そのことによって吸気中の空気量が減少するため、排気中のスモーク量が多くなる。吸気中の空気量が減少するということは、それだけ空燃比がリッチ側へ変化しているということである。

【0 0 0 5】 これに対して、本発明者は、空燃比とスモーク量との関係を調べた結果、空燃比がある値を越えるとスモーク量が急に増大することを見出だした。従って、上記 NOx の低減とスモークの低減を両立させるためには、スモーク量が急増し始める前のできるだけリッチ側の空燃比を目標として排気還流量を制御することが好ましい、ということができる。

【0 0 0 6】 しかし、ターボ過給機付ディーゼルエンジンの場合、多量の排気を吸気系に還流させている定常運転状態では、ターボ過給機に与えられる排気エネルギーが少なくなっているから、この運転状態からアクセルペダルの踏み込みによって過給領域に入っても直ちには所期の過給効果が得られない。

【0 0 0 7】 その場合の問題は、アクセルペダルが踏み込まれると、そのことによって燃料噴射量が多くなるが、過給が遅れるため空燃比がかなりリッチな状態になり、一時的にエンジンの出力が低下していわゆるターボラグが大きくなるとともに、排気中のスモーク量が急増することにある。しかも、このようにエンジンの出力が速やかに上昇しない場合には、運転者がさらにアクセルペダルを踏み込んでしまってターボラグが助長されることになり、アクセル踏み込み→エンジン出力の低下、スモーク量の増大→アクセル踏み込み、という悪循環を招きかねない。

5

【0008】

【課題を解決するための手段】そこで、この出願の発明では、エンジンがターボ過給機によって過給を行なう過給運転状態にあるときに、上述の如き問題を生じない適切な空燃比を設定し、この空燃比を目標として排気還流の制御を行なうようにしたものである。

【0009】すなわち、その発明は、エンジンの排気を利用するターボ過給機と、排気通路の該ターボ過給機のタービンが配設された部位よりも上流側から排気の一部を取り出して該ターボ過給機のブロアが配設された部位よりも下流側に還流させる排気還流通路とを備え、且つアクセル操作量に基づいて燃焼室への燃料の噴射量が決定されるターボ過給機付直噴式エンジンの排気還流制御装置において、上記吸気通路に設けられた吸入空気量を検出するためのセンサと、上記燃料噴射量を求める手段と、上記排気還流通路に設けられた排気還流量をリニアに調節する手段と、エンジンが上記ターボ過給機によって過給をする過給運転状態にあるか否かを判別する手段と、エンジンが過給運転状態にあるときの目標空燃比を設定する手段と、エンジンが上記過給運転状態にあるときに、上記吸入空気量と燃料噴射量とに基づいて、上記目標とする空燃比となるように上記排気還流量調節手段の作動を制御する制御手段とを備えていることを特徴とする。

【0010】従って、エンジンがターボ過給機によって過給をする運転状態にあるときに、目標空燃比を定めて排気還流量を制御するから、当該過給時に燃料噴射量の増量に伴って空燃比が過度にリッチになることを避けることができる。すなわち、過給前に排気中の $\text{NO}_x$ 及びスモークを低減を低減すべく多量の排気を還流し、そのことによってターボ過給機に与える排気エネルギーが少なくなっている場合でも、当該空燃比制御によって排気還流量を減少させ、相対的に吸入空気量を増やすことにより、燃料噴射量増量に伴うスモーク発生量の増大やエンジン出力の低下を防止して加速応答性を高めることが可能になる。

【0011】-吸入空気量検出センサについて-  
上記吸入空気量を検出するためのセンサについては、吸気通路の空気流量又は吸気管圧力を検出するセンサを採用することができ、そのセンサからの出力に基づいて吸入空気量を求めることができる。吸気管圧力を検出した場合には、これとエンジン回転数とに基づいて吸入空気量を求めることになる。

【0012】上記空気流量を検出するセンサとしては、定温度型ホットフィルム式エアフローセンサを採用することが好適である。これは、通電によって加熱されているホットフィルムの放散熱量はそこを通過する空気の質量に依存するから、このホットメルトを一定温度に保つために必要な通電量に基づいて空気流量を求める、というものである。これによれば、流速変動があっても、空

6

気流量を確実にとらえることができる。

【0013】上記定温度型ホットフィルム式エアフローセンサとしては、吸気通路に吸気流れ方向と直交するように配されたヒータとこのヒータを挟んで上流側と下流側とに配置されたホットフィルムとを備え、両ホットフィルムの温度の高低に基づいて逆流を検出する逆流検出型が好適であり、これにより、気筒に流れる正方向の空気流量のみを計測することができ、排気還流量の制御に逆流による誤差が入ることを避けることができる。

【0014】ここに、排気中の $\text{O}_2$ 濃度を検出する $\text{O}_2$ センサを排気通路に設けておいて、該センサの出力からそのときの空燃比を求め、該空燃比と燃料噴射量とに基づいて吸入空気量を求めることもできるが、その場合は、例えば2サイクルほど前の吸入空気量が求まることになり、ターボ過給機による過給を行なうような過渡時の排気還流制御には向かない。これに対して、上記吸気通路のセンサの場合は、燃焼前の吸入空気量を計測することができ、吸入空気量の変化に対応させて応答性良く排気還流量を制御することができ、上記 $\text{NO}_x$ 及びスモークの確実な低減に有利になる。

【0015】-過渡時の排気還流制御について-  
エンジンが低負荷ないし中負荷の定常運転状態にあるときの目標空燃比を設定する手段を設けておいて、上記過給時の目標空燃比設定手段によって、エンジンが上記定常運転状態から上記過給運転状態に入ったときに過給時の目標空燃比を設定するようにし、エンジンが低負荷ないし中負荷の定常運転状態にあるときは上記定常時の目標空燃比となるように上記排気還流量調節手段の作動をフィードバック制御し、エンジンがこの定常運転状態から上記過給運転状態に入ったときに上記過給時の目標空燃比となるように上記排気還流量調節手段の作動をフィードバック制御することが好適である。

【0016】すなわち、エンジンが定常運転状態にあるときと、そこから過給運転状態に入った過渡時では、エンジンに求められる特性が異なり、定常運転時では排気中の $\text{NO}_x$ やスモークの量を低減することが重要な課題となり、過渡時では $\text{NO}_x$ ・スモークの増大を抑えながらエンジン出力を速やかに上昇させることが重要な課題となる。従って、上記定常時の目標空燃比と過渡時の目標空燃比を異なるものにすることによって、この課題を解決することができる。

【0017】エンジンが上記定常運転状態から上記過給運転状態に入ったときは、目標空燃比を上記定常時の目標空燃比よりもリーンに設定することが好適である。すなわち、過渡時には燃料噴射量の増大に見合うように吸入空気量が増大することが求められるところ、目標空燃比をリーンに設定すれば、排気還流量が減少する方向の制御になるから、その分、吸入空気量が増大するためである。

【0018】また、一時的に空燃比がリーンになってN



7

○x発生量が増えても、加速応答性が高まることから、早期に定常運転状態に移行して多量の排気還流を行なうことができるようになるため、全体的にみればNOx排出量は少なくなる。

【0019】一過渡時の燃料噴射量の増量抑制—  
エンジンが上記定常運転状態から上記過給運転状態に入ったときの、上記アクセル操作量の増大に対する燃料噴射量の増量を抑制する手段を設けることが好適である。すなわち、上述の如く目標空燃比となるように排気還流制御を行なっても、フィードバック制御では吸入空気量を急増させることはできないから、アクセル操作量の増大に伴って燃料噴射量が急増すれば、空燃比が過度にリッチになり、所期の目的を達成することができない。そこで、エンジンが定常運転状態から過給運転状態に入ったときの燃料噴射量の増量を抑制するようにするものである。

【0020】そのような燃料噴射量の増量抑制手段としては、上記定常時の目標空燃比よりもリッチ側の所定の限界空燃比を越えないように、吸入空気量に応じて燃料噴射量の上限を定めるものであることが好適である。

【0021】すなわち、ここで問題にするのは空燃比が過度にリッチになることであるから、燃料噴射量の上限を空燃比との関係で定めるものであり、そのための限界空燃比を定常時の目標空燃比よりもリッチ側に設定しているのは、スモーク発生の抑制という面では不利になるものの、燃料の増量による加速要求が前提として存在するからである。そして、一時的に空燃比がリッチになっても、加速性が向上することによって早期に定常運転状態に移行することになるため、全体的にみれば、スモーク発生量が増大することとを避けることができる。従って、限界空燃比は加速要求を満たすことができる範囲でリッチに設定する必要がある。

【0022】一排気還流量の強制低減—  
上記エンジンが低負荷ないし中負荷の定常運転状態から上記過給運転状態に入ったとき、空燃比が上記過給時の目標空燃比に所定レベル以上に近付くまでは、該目標空燃比によらずに、排気還流量が減少するように又は零となるように上記排気還流量調節手段を作動させることが好適である。

【0023】すなわち、エンジンが定常運転状態から過給運転状態に入ったとき、目標とする空燃比となるように排気還流のフィードバック制御を行なっても、排気還流量を急減させることはできないから、これを強制的に減少させることによって吸入空気量を急増させるものである。

【0024】一過給時の排気還流と燃料噴射の並行制御—

燃料噴射量を調節する手段と、上記過給時に、上記排気還流制御のための目標空燃比とは別に燃料噴射量を制御するための目標空燃比を設定する手段と、上記過給時

8

に、上記排気還流制御と並行して、上記燃料噴射量制御用の目標空燃比となるように上記燃料噴射量調節手段の作動をフィードバック制御する燃料噴射量制御手段とを設けることが好適である。

【0025】すなわち、過給時（過渡時）にはアクセルペダルの踏み込みに伴って燃料噴射量を増大させる必要があるが、その場合の目標とする空燃比は、排気還流量の制御の場合とは別に、加速性の向上の観点から設定することが好ましい。

【0026】そのような過給時の燃料噴射量制御用の目標空燃比については、これを上記過給時の排気還流制御用の目標空燃比よりもリッチ側に設定することが、加速性の向上の観点から好ましい。但し、この目標空燃比を過度にリッチ側に設定すると、不完全燃焼によってスモーク量が多くなり過ぎるとともに、エンジン出力の向上の観点から不利になるため、スモーク量が過剰にならない範囲で且つエンジン出力の向上に支障がない範囲でリッチ側に設定する必要がある。

【0027】また、上記過給時の燃料噴射量制御用の目標空燃比が上記定常時の目標空燃比よりもリッチ側に設定され、上記過給時の排気還流制御用の目標空燃比が上記定常時の目標空燃比よりもリーン側に設定されるようにすることが好適である。

【0028】これにより、排気還流量を下げて吸入空気量の増大、過給機に与える排気エネルギーの増大を図りながら、燃料の増量によるエンジン出力の増大を図ることができる。

【0029】一定常時の排気還流制御用の目標空燃比—  
この定常時の目標空燃比については、空燃比がリッチになることに伴って排気ガス中のスモーク量が増大する変化特性をみたときの、該スモーク量が緩増から急増に変化する時の空燃比に設定することが好適である。すなわち、これにより、NOx低減とスモーク量の低減とを両立させることができる。

【0030】また、各気筒の定常時の目標空燃比は略同一とすることができる。この点は過給時の排気還流制御用及び燃料噴射量制御用の目標空燃比の場合であっても同様である。略同一とは完全同一を含む。気筒毎に吸入空気量を検出して気筒毎に排気還流量を制御するようにすれば、各気筒を上記両立が図れる略同一の空燃比に制御することができる。

【0031】一VGT制御—

上記ターボ過給機として、そのA/Rを変更することができるバリエブルジオメトリー型ターボ過給機を採用し、エンジンが定常運転状態から過給運転状態に入ったときのA/Rを強制的に一時的に小さくすることが好適である。

【0032】すなわち、エンジンが定常運転状態にあるときは、多量の排気を還流させていて、ターボ過給機に与えられる排気エネルギーが少なくなっており、この状

態で過給を行なっても吸入空気量の速やかな増大は望めない。そこで、上記A/Rを小さくすることによって過給効率を高め、空燃比が目標空燃比に所定レベル以上に近づいたときにA/Rの低減制御を解除するものである。

#### 【0033】-排気還流用開閉弁の並列配置-

上記排気還流通路として、開度をリニアに調節することができるリニア開閉弁が設けられた通路と、開・閉の2位置に切り替えられるオンオフ開閉弁が設けられた通路とを並列に設け、エンジンが定常運転状態にあるときに、上記オンオフ開閉弁を開として目標とする空燃比となるように上記リニア開閉弁の開度をフィードバック制御し、エンジンが定常運転状態から過給運転状態に入ったときに上記オンオフ開閉弁を閉に制御することが好適である。

【0034】すなわち、エンジンが定常運転状態にあるときに、オンオフ開閉弁を開としてリニア開閉弁の開度を制御するようにすれば、この2つの通路によって多量の排気を還流させることができNOxの低減に有利になる。一方、エンジンが過給運転状態に入ったときは上記オンオフ開閉弁が閉となるから、そのことによって排気還流量を急減させることができ、吸入吸気量を急増させることができる。

#### 【0035】-排気還流用開閉弁の直列配置-

上記排気還流通路に、開度をリニアに調節することができるリニア開閉弁と、開・閉の2位置に切り替えられるオンオフ開閉弁とを直列に配置し、エンジンが定常運転状態にあるときに、上記オンオフ開閉弁を開として、目標とする空燃比となるように上記リニア開閉弁の開度をフィードバック制御し、エンジンが定常運転状態から過給の運転状態に入ったときに上記オンオフ開閉弁を閉に制御することが好適である。

【0036】すなわち、エンジンが定常運転状態にあるときはリニア開閉弁によって予定するフィードバック制御を行なうことができ、過給運転状態に入ったときはオンオフ開閉弁の閉によって排気還流が止められるため、吸入空気量を急増させることができる。

#### 【0037】-排気還流用開閉弁のプリセット-

上記排気還流量調節手段を、上記排気還流通路に設けられたダイヤフラム式開閉弁とした場合、その開度が零のときに当該開閉弁の圧力室に所定のプリセット圧を与えるプリセット圧制御手段を設けることが好適である。

【0038】すなわち、定常運転時に多量の排気還流を行なうには排気還流通路の通路断面面積を大きくするべく、孔径の大きなパイプを採用する必要がある。従って、ダイヤフラム式開閉弁にあっては、その弁本体が大型になり、その駆動手段に異常が発生したとき（例えば作動用の負圧が得られなくなったとき）のフェイルセーフのために、弁本体が閉止状態で不用意に動かないように、弁本体を弁座に対して大きなばね力で押し付けることができるようにする必要がある。しかし、そのこと

は、正常時において当該開閉弁を一旦閉にすると、これを開動させるために当該ばね力に打ち勝つ圧力を得るまでに時間がかかることになる。これでは、エンジンが過給運転状態になって当該開閉弁を閉になつた後、過給運転状態から定常運転状態に戻ったときに、排気還流を再開するまでに時間がかかり、その間排気還流ができなくて、NOxの発生量が多くなる。

【0039】そこで、当該発明では、ダイヤフラム式開閉弁にプリセットを与えるようにして、少しの圧力上昇（負圧応動式であれば、負圧の大きさの上昇）でこの開閉弁を開動させることができるようにするものである。

#### 【0040】

【発明の効果】従って、本発明によれば、エンジンがターボ過給機による過給運転状態にあるときに、吸入空気量と燃料噴射量とに基づいて、目標とする空燃比となるように排気還流量を調節するようにしたから、過給前に排気中のNOx及びスモークを低減を低減すべく多量の排気を還流し、そのことによってターボ過給機に与える排気エネルギーが少なくなっている場合でも、当該空燃比制御によって排気還流量を減少させて吸入空気量を増やすことにより、当該過給時に燃料噴射量の増量に伴って空燃比が過度にリッチになることを避け、スモーク発生量の増大やエンジン出力の低下を防止して加速応答性を高めることが可能になる。

【0041】また、過給時に上記排気還流制御に並行して、目標とする空燃比となるように燃料噴射量を制御するようにしたものによれば、加速性の向上に有利になる。

#### 【0042】

##### 【発明の実施の形態】

<エンジン構成>図1において、1は自動車に搭載される直噴式エンジンとしての4気筒ディーゼルエンジンのエンジン本体、2は吸気通路、3は排気通路、4は各気筒の燃焼室に燃料を噴射する燃料噴射弁、5はコントロールユニット（コンピュータ制御手段）である。吸気通路2には、その上流側から順にエアフローセンサ6、過給機（VGT）7、インタークーラー8が設けられ、下流端で分岐して各気筒に接続されている。排気通路3には、その集合部よりも下流側にO<sub>2</sub>センサ9、排気圧センサ11、上記過給機7及び触媒コンバータ（キャタ）12が設けられている。

【0043】吸気通路2と排気通路3とは、排気通路3の過給機7よりも下流側から延びて吸気通路2の集合部に至るEGR通路13によって接続され、このEGR通路13には排気還流量を調節する負圧作動式のEGR弁14が設けられている。すなわち、EGR弁14には負圧通路15を介して負圧ポンプ16が接続されていて、この負圧通路15に負圧制御用の電磁弁17及び負圧センサ18が設けられている。EGR弁14にはそのリフト量を検出するリフトセンサ19が設けられている。吸

11

気通路 2 の集合部には吸気圧センサ 21、及び吸気温度センサ 22 が設けられ、エンジンのクランクシャフトにはクランク角度を検出するセンサ 23 が設けられている。このセンサ 23 は、気筒の判別とエンジン回転数の検出にも用いられる。

【0044】各気筒の燃料噴射弁 5 には燃料通路を介して燃料噴射ポンプ 24 が接続されている。燃料通路の共通レール（共通路）25 には燃料の供給圧を検出するセンサ 26 が設けられている。27 はアクセルペダルの踏み量を検出するアクセル開度センサである。

【0045】-EGR 弁及び過給機について-

図 2 に示すように、EGR 弁 14 の弁箱を仕切るダイヤフラム 14a に弁棒 14b が固定され、この弁棒 14b の両端に EGR 通路 13 の開度をリニアに調節する弁本体 14c とリフトセンサ 19 とが設けられている。弁本体 14c はスプリング 14d によって閉方向に付勢されている。弁箱の負圧室に負圧通路 15 が接続されている。この負圧通路 15 に設けられた電磁弁 17 がコントロールユニット 5 からの制御信号（電流）によって負圧通路 15 を連通・遮断することによって、負圧室の EGR 弁駆動負圧が調節され、これによって、弁本体 14c による EGR 通路 13 の開度がリニアに調節されることになる。

【0046】すなわち、図 3 に示すように、電流が大きくなるに従って EGR 弁駆動負圧が大きくなり（つまり圧力が低くなり）、図 4 に示すように、EGR 弁駆動負圧に比例して EGR 弁本体 14c のリフト量が増加する。但し、ヒステリシスがみられる。

【0047】ターボ過給機 7 は、エンジンの加速時、高負荷運転時など所定の運転領域ないし運転状態にあるときに過給を行なうためのものであり、図 5 及び図 6 に示すように、そのタービン室 7a の入口に、該入口の断面積 A を変化させると同時に、入口を半径方向の位置 R を変化させるフラップ 7b が回動可能に設けられている VGT（バリエブルジオメトリターボ）である。図 5 に示すように、フラップ 7b をその先端がタービン室 7a の周壁に近付くように位置付けて、A/R を小さくすると過給効率が高くなり、図 6 に示すように、フラップ 7b をその先端がタービン室 7a の中心に寄るように位置付けて A/R を大きくすると過給効率が低くなる。

【0048】＜直噴式エンジンの制御システムの全体構成＞制御すべき対象は、EGR 弁（排気通路から吸気通路に供給する排気還流通路の調節弁）、VGT、及び燃料噴射弁である。これらの制御は、上記コントロールユニット 5 のメモリ上に電子的に格納された制御プログラムによって実行される。

【0049】-排気還流量制御-

各気筒の EGR 率（=EGR 量/全排気量、なお、以下では特にことわりがない限り、EGR 率は全排気量中の還流される排気量 EGR 量の割合をいうものとす

12

る。）及び各気筒の吸入空気量の平均吸入空気量からの偏差をみると、図 49 に示す結果が得られた。すなわち、排気還流通路の弁の開度を同じにしても各気筒の EGR 率及び吸入空気量偏差にはばらつきがあり、EGR 率の高い気筒ではその吸入空気量が少なく、EGR 率の低い気筒ではその吸入空気量が多い。これは、還流される排気の各気筒への分配性にばらつきがあるだけでなく、各気筒間の空気吸入特性自体にばらつきがあることが影響していると考えられる。

【0050】そこで、基本的には全気筒に共通の目標空燃比を定め、各気筒毎に吸入空気量を検出し、この吸入空気量に応じて上記目標空燃比となるように気筒毎に排気還流量を制御する、つまり、各気筒の吸入空気量に対する EGR 量の割合の均一化を図るのではなく、所定の空燃比を目標として各気筒の空燃比の均一化を図るようにしたものである。

【0051】図 7 に示すように、コントロールユニット 5 は、アクセル開度 accel 及びエンジン回転数 Ne の変化における、実験的に決定された最適な目標トルク  $lrqsol$  を記録した二次元マップ 31、エンジン回転数 Ne、目標トルク  $lrqsol$  及び新気量（吸入空気量のことであり燃料を含まない。以下、同じ。）FAir の変化における、実験的に決定された最適な目標燃料噴射量  $Fsol$  を記録した三次元マップ 32、並びにエンジン回転数 Ne と目標トルク  $lrqsol$  の変化における、実験的に決定された最適な目標空燃比  $A/Fsol$  を記録した二次元マップ 33 を、それぞれメモリ上に電子的に格納して備えている。

【0052】この目標空燃比  $A/Fsol$  が NOx の低減とスモークの低減とを両立させるための排気還流量を決定する基準となるものである。すなわち、図 8 にディーゼルエンジンの空燃比と排気中の NOx 量との関係（一例）を示すように、空燃比が上昇すると NOx 量が增大する傾向にある。従って、排気還流量を多くして空燃比を下げれば（リッチ側にすると）NOx の発生が少なくなることがわかる。

【0053】しかし、図 9 に示すように、同エンジンの空燃比と排気中のスモーク値との関係をみると、空燃比がリッチ側になり、ある空燃比以下になるとスモーク量が急に増大する。このことから、排気還流量を多くするにも限界があり、上記両立を図るには、目標とする空燃比を NOx の低減が図れるようにできるだけリッチ側に、しかもスモーク量が急増し始める前の値に定め、これを目標として排気還流量を制御する必要がある、ということが出来る。

【0054】この制御システムでは、エアフローセンサ 6 から求まる新気量と、O<sub>2</sub> センサ 9 から求まる新気量とを新気量切替部 34 によって切り替えて排気還流量の制御に用いるようになっている。この切替については後述する。

【0055】（エアフローセンサ 6 によって求められた

13

新気量が用いられる場合) 上記センサ 1, 2 により検出されたアクセル開度  $accel$  とエンジン回転数  $Ne$  とを用いて、目標トルク演算部 4 1 において上記メモリ上の二次元マップ 3 1 を参照して目標トルク  $trqsol$  が決定される。この目標トルク  $trqsol$  と、エアフローセンサ 6 によって計測され新気量切替部 3 4 を介して送られる新気量  $FAir$  とエンジン回転数  $Ne$  とを用いて、目標噴射量演算部 4 2 において上記メモリ上の三次元マップ 3 2 を参照して目標噴射量  $Fsol$  が決定される。一方、上記目標トルク  $trqsol$  とエンジン回転数  $Ne$  とを用いて、目標空燃比演算部 4 3 において上記メモリ上の二次元マップ 3 3 を参照して上記両立を図るための目標空燃比  $A/Fsol$  が決定される。

【0056】また、上記目標噴射量  $Fsol$  と目標空燃比  $A/Fsol$  とを用いて、目標新気量演算部 4 4 において目標新気量  $FAsol$  が算出される ( $FAsol = Fsol \times A/Fsol$ )。この目標新気量  $FAsol$  を目標として、新気量フィードバック制御部 4 5 において新気量  $FAir$  のフィードバック制御が行なわれる。この制御は、空燃比のフィードバック制御を行っていることと同じであるが、新気供給量自体を直接調節するのではなく、排気還流量を調節することによって新気量を変化させる、というものであり、つまり、新気の補正量を決定するものではなく、目標とする EGR 弁の操作量  $EGRsol$  を決定することになる。

【0057】( $O_2$  センサによって求められた新気量が用いられる場合)  $O_2$  センサ 9 によって検出された排気中の  $O_2$  濃度は空燃比変換部 4 6 において空燃比  $A/F$  に変換される。この変換は両者の関係を表わす、コントロールユニット 5 のメモリ上に電子的に格納されたテーブルを参照して行なわれる。この計測空燃比  $A/F$  と目標噴射量  $Fsol$  とを用いて新気量演算部 4 7 において新気量  $FAir$  が算出される ( $FAir = A/F \times Fsol$ )。この  $O_2$  センサ 9 による新気量  $FAir$  は、先に説明したエアフローセンサ 6 の場合と同様に、新気量切替部 3 4 を介して目標噴射量  $Fsol$  の演算に供される。なお、新気量  $FAir$  の算出に用いられる目標噴射量  $Fsol$  は前回値である。

【0058】そして、二次元マップ 3 3 によって得られる目標空燃比  $A/Fsol$  を目標として、空燃比フィードバック制御部 4 8 において空燃比  $A/F$  のフィードバック制御が行なわれる。この制御も、排気還流量を調節することによって新気量を変化させ空燃比  $A/F$  を目標値に近づける、というものであり、目標とする EGR 弁の操作量  $EGRsol$  を決定することになる。

【0059】(排気還流量調節手段の制御) EGR 弁駆動量切替部 4 9 において、上記エアフローセンサ 6 による新気量を用いて求められた EGR 弁の目標操作量  $EGRsol$  と、 $O_2$  センサ 9 による新気量を用いて求められた EGR 弁の目標操作量  $EGRsol$  とのうちの一方が選択され、EGR 弁の制御に用いられる。この選択切替は、先の新気量切替部 3 4 の切替に連動する。

14

【0060】-VGT 制御-

コントロールユニット 5 は、目標トルク  $trqsol$  及びエンジン回転数  $Ne$  の変化における、実験的に決定された最適な目標ターボ効率  $VGTsol$  を記録した二次元マップ 5 1 をメモリ上に電子的に格納して備えており、上記二次元マップ 3 1 によって得られる目標トルク  $trqsol$  とエンジン回転数  $Ne$  とを用いて、目標ターボ効率演算部 5 2 において当該マップ 5 1 を参照して目標ターボ効率  $VGTsol$  が演算され、これを用いて VGT が制御される。

【0061】-燃料噴射量制御-

コントロールユニット 5 は、目標トルク  $trqsol$  及びエンジン回転数  $Ne$  の変化における、実験的に決定された最適なコモンレール圧力  $CRPsol$  を記録した二次元マップ 5 3 をメモリ上に電子的に格納して備えている。そして、上記二次元マップ 3 1 によって得られる目標トルク  $trqsol$  とエンジン回転数  $Ne$  とを用いて、コモンレール圧力演算部 5 4 において当該マップ 5 3 を参照して目標コモンレール圧力  $CRPsol$  が演算され、これを用いてコモンレール圧力が制御される。この制御されたコモンレール圧力  $CRP$  と目標噴射量  $Fsol$  とに基づいて電磁式燃料噴射弁 4 の励磁時間を決定し制御する。

【0062】＜排気還流・燃料噴射制御の全体の流れ＞当該制御の全体の流れは、図 10 に示されている。すなわち、エアフローセンサ 6 又は  $O_2$  センサ 9 によって検出される吸入空気量及びクランク角度センサ 2 3 によって検出されるクランク角度に基づいて気筒毎に吸入空気量  $FAir$  が求められる (ステップ 1~3)。また、クランク角度センサ 2 3 によって検出されるエンジン回転数  $Ne$ 、アクセル開度センサ 2 7 によって検出されるアクセル開度  $accel$  及び上記吸入空気量  $FAir$  に基づいて目標燃料噴射量  $Fsol$  が求められる (ステップ 4~6)。

【0063】アクセル開度  $accel$ 、エンジン回転数  $Ne$  等に基づいて当該エンジンが低負荷ないし中負荷の定常運転状態にあるか、加速運転状態 (定常運転状態からターボ過給機 7 による過給が行なわれる過給運転状態に入った状態) にあるかの過渡判定が行なわれ (ステップ 7)、定常運転時には基本目標空燃比が設定され、目標吸入空気量が求められて、EGR 弁基本制御が行なわれ、この基本制御が気筒毎の吸入空気量  $FAir$  に基づく気筒毎の EGR 弁制御によって補正される (ステップ 8~11)。この気筒毎の EGR 弁の補正制御が、 $NOx$  の低減とスモークの低減とを両立させるための空燃比のフィードバック制御に相当する。加速運転時には加速時の目標空燃比が設定され、加速時の EGR 弁制御及び噴射量制御が行なわれる (ステップ 12~14)。

【0064】＜気筒毎の吸入空気流量の検出及び吸入空気量の算出＞この検出に用いたエアフローセンサ 6 は、定温度型ホットフィルム式であり、吸気通路 2 に吸気流れ方向と直交するように配されたヒータとこのヒータと挟んで上流側と下流側とに配置されたホットフィルムと

15

を備え、両ホットフィルムの温度の高低に基づいて逆流を検出する逆流検出型である。図 11 に検出された吸入空気流量の例が示されている。同図の斜線を入れた部分が逆流分であり、この逆流分が差し引かれた積分値、すなわち、実際に各気筒に吸入された空気量が変動していることがわかる。

【0065】図 12 に上記エアフローセンサ 6 を用いたときの気筒毎の吸入空気量の算出（図 10 のステップ 1～3）の具体的なフローを示す。吸入空気流量を積分していくとともに、経過時間を計測していき、クランク角度が 180 度に達する都度、その 180 度分の吸入空気流量の積分値  $Q$  を当該気筒 (i) の吸入空気量  $Q_i$  とし、その所要時間（クランクタイマ時間  $T$ ）を当該気筒 (i) のクランク間隔  $T_i$  とし、得られた 4 気筒の吸入空気量  $Q_i$  の平均値を基本吸入空気量  $Q_{av}$  として求める（ステップ A1～A7）。なお、4 気筒の各々には便宜上気筒番号「0, 1, 2, 3」を与えている。

【0066】また、吸気行程の時期が 1 つの前の気筒 (i-1) を基準とする、当該気筒 (i) の吸入空気量の変化率  $\Delta Q_i = Q_i / Q_{i-1}$  とクランク間隔の変化率  $\Delta T_i = T_i / T_{i-1}$  を求め、吸気行程の時間を加味した吸入空気量の変化指数  $\Delta Q_{li} = \Delta Q_i / \Delta T_i$  を求める（ステップ A8～A10）。ここで、 $\Delta T_i$  を考慮するのは、トルク変動（クランクシャフトの角速度変動）による外乱をできるだけ排除するためであり、この処理は特にトルク変動の大きなアイドル運転時に効を奏する。そして、この変化指数  $\Delta Q_{li}$  に基づいて各気筒の吸入空気量特性  $\Delta Q_{li}'$  (i) を次式により求める（ステップ A11）。

$$\Delta Q_{li}'(i) = \Delta Q_{li} \times r + \Delta Q_{li}'(1-r)$$

但し、 $0 < r \leq 1$

すなわち、 $\Delta Q_{li}'$  は変化指数  $\Delta Q_{li}$  の前回値であり、今回の変化指数  $\Delta Q_{li}$  に前回値を所定の割合で反映させるものである。これにより、吸入空気量に関する気筒間の固体差が漸次明瞭になっていく。

【0068】＜過渡判定＞図 13 に過渡判定（図 10 のステップ 4～7）の具体的なフローを示す。この過渡判定は加速判定であり、アクセル開度の変化による判定と、燃料噴射量の変化による判定とがある。エンジンの加速運転時には、燃料噴射量の増大に応じて吸入空気量を増やす必要があるが、そのためには排気還流量を速やかに減らす必要がある。このような排気還流量低減制御を行なうための過渡判定である。

【0069】すなわち、アクセル開度  $Acc$  とエンジン回転数  $Ne$  と吸入空気量  $Q_{av}$  とを用いて、図 7 の三次元マップ 32 より燃料噴射量  $F$  を読み込むとともに、アクセル開度の今回値  $Acc$  と前回値  $Acc'$  とに基づいてその変化量  $\Delta Acc = Acc - Acc'$  を求める（ステップ B1～B3）。燃料噴射量  $F$  とエンジン回転数  $Ne$  とを用いて二次元マップから加速判定基準  $\alpha_{cc}$  を読み込む（ステップ B4）。

16

【0070】この  $\alpha_{cc}$  は、上記アクセル開度変化量  $\Delta Acc$  に基づいて加速判定をするためのものであり、例えばエンジン回転数  $Ne$  が高いほど大きくなり（加速判定され難い）、燃料噴射量  $F$  が多いほど小さくなる（加速判定され易い）、というように、燃料噴射量  $F$  とエンジン回転数  $Ne$  の変化における、最適値が実験的に決定されてメモリ上に電子的に格納されている。低負荷運転時はもととも排気還流量が多いため、アクセル変化（燃料噴射量増大変化）が大きいときに、排気還流量の低減制御に速やかに移行することができるように、燃料噴射量が多いほど上記  $\alpha_{cc}$  を小さくしているものである。

【0071】そして、加速係数  $\alpha = \Delta Acc / \alpha_{cc}$  が 1 よりも大のときに当該エンジンが加速運転状態にあると判定される。加速が判定された場合には、加速係数  $\alpha$  と別途求められた目標空燃比  $TAF$  とに基づいて過渡時の EGR 弁操作量  $K_{Tegr}$  をマップより読み込む（ステップ B5～B7）。これは、アクセル開度の拡大方向の変化が急であるような場合（アクセルペダルが急に踏み込まれたような場合）には、排気還流による  $NO_x$  の低減よりも、加速要求を優先させて排気還流量を速やかに減らすためである。従って、EGR 弁操作量  $K_{Tegr}$  のマップは、加速係数  $\alpha$  が大きくなるほど EGR 弁の開度が小さくなるように、その操作量が実験的に求められて作成され、メモリ上に電子的に格納されているものである。

【0072】上記アクセル開度による加速判定のときは、その判定に基づいて言わば見込みで EGR 弁操作量を決定するものであるが、次の燃料噴射量に基づく過渡判定は実際の加速要求を燃料噴射量に基づいてチェックし、その加速要求に合致した燃料噴射制御を行なうためのものである。

【0073】すなわち、燃料噴射量の今回値  $F$  と前回値  $F'$  とに基づいてその変化率  $\Delta F = F / F'$  が求められ、燃料噴射量  $F$  とエンジン回転数  $Ne$  とを用いて二次元マップから加速判定基準  $F_k$  を読み込む（ステップ B8, B9）。この  $F_k$  も上記  $\alpha_{cc}$  と同様に設定されてメモリ上に電子的に格納されている。そして、噴射量変化係数  $\beta = \Delta F / F_k$  が 1 よりも大のときに加速時の燃料噴射制御がなされ、小のときには定常時の排気還流制御がなされる（ステップ B10, B11）。

【0074】＜定常時の排気還流制御＞これは、図 14 に示されており、エンジン回転数  $Ne$  とアクセル開度  $Acc$  とを用いて図 7 の二次元マップ 31 より目標トルク  $T_{lrq}$  を読み込み、この  $T_{lrq}$  と  $Ne$  とを用いて二次元マップ 33 より目標空燃比  $TAF$  を読み込み、目標吸入空気量  $TQ = TAF \times F$  が求められる（ステップ C1～C3）。そして、吸入空気量偏差  $Q_{err} = TQ - Q_{av}$  が求められ、この偏差  $Q_{err}$  が零になるように IPD 制御によって基本 EGR 弁操作量  $Tegr$  を求める（ステップ C4, C5）。

【0075】上述の  $NO_x$  の低減とスモークの低減の両

17

立が図れる空燃比はエンジン回転数 $N_e$ 及びエンジントルク $T_{lrq}$ （換言すれば、燃料噴射量 $F$ ）の各々によって少しずつ異なり、特に過給を行なう場合と行わない場合とでは比較的大きく異なる。つまり、過給を行なうと燃焼室での空気と燃料とのミキシングが良好になり、燃料の燃え残りが少なくなる（スモークが少なくなる）ため、過給状態（エンジン回転数高）と非過給状態（エンジン回転数低）とでは前者の方が目標空燃比をよりリッチ側に設定することが可能であり、そのことは $NO_x$ の低減に有利に働く。

【0076】そこで、アクセル開度変化量 $\Delta Acc$ の絶対値が所定閾値 $Th_{acc}$ よりも小さい状態が所定数 $n$ サイクル連続し且つ燃料噴射が行なわれている、という定常判定のための条件がチェックされる（ステップC6）。これは、このフローの制御はアイドル運転時及びその後の定常運転時におけるエミッションの向上を目的とするからである。なお、減速時（ $F=0$ ）では排気還流は行なわれないため、EGR弁の開度は零となる。

【0077】定常運転が確認されると、先に求めた吸入空気量特性 $\Delta Q_{l'}(i)$ とEGR補正ゲイン $E(i)$ とによって気筒毎のEGR弁補正操作量 $\Delta Tegr(i)$ が求められる（ステップC7）。すなわち、 $\Delta Tegr(i) = \Delta Q_{l'}(i) \times E(i) + \Delta Tegr'(i)$ である。 $\Delta Tegr'(i)$ は当該気筒 $i$ のEGR弁補正操作量の前回値である。この積分は、 $\Delta Q_{l'}(i)$ の値自体は強調されたものであるが、EGR弁補正操作量をさらに気筒間の固体差に応じた適切な補正量に到達させるためのものである。

【0078】4気筒すべてのEGR弁補正操作量が求められると、この4気筒のEGR弁補正操作量の平均値 $\Delta Tegr_{-av}$ が求められる。この平均値は本来は零になるべきものであるが、上記ステップC7の処理を行なうと、種々の要因でその平均値がマイナスになったりプラスになったりする。これでは、基本EGR弁操作量 $Tegr$ を基準として各気筒のEGR弁操作量を補正制御する、という本来の目的が損なわれる。そこで、当該平均値にマイナスが出たらその絶対値を上記各気筒の $\Delta Tegr(i)$ に加算し、プラスが出たら逆に減算することによって、平均値を常に零にする処理を毎回行なう（ステップC8、C9）。このようにして得られた $\Delta Tegr(i)$ を上記基本EGR弁操作量 $Tegr$ に加えて、各気筒のEGR弁操作量 $Tegr(i)$ を求める（ステップC10）。

【0079】＜加速係数 $\alpha$ に基づく加速判定時の排気還流制御＞

—単一EGR弁の場合—

図13のステップB6において加速が判定されたとき、ステップB7で求められる過渡時の目標EGR弁操作量 $K Tegr$ は、加速係数 $\alpha$ 及び $TA/F$ の大きさに応じて異なり、加速係数 $\alpha$ が大きいときにはEGR弁14の開度が零となる。よって、その場合は排気還流が行なわれないことによって、各気筒の吸入空気量が増大し、燃料噴

18

射量が増大しても、スモーク量の増大を招くことなくエンジン出力を高めることができる。

【0080】但し、この場合は、EGR弁14に対して後述するプリセットを与える制御を行ない、その後の排気還流制御に速やかに移行することができるようにする。

【0081】—EGR弁のプリセット制御—

EGR弁14は、排気還流制御中においてはEGR通路13を閉じたときでも、弁本体14cがスプリング14dによって弁座に押圧される力が小さくなるように、ひいては押圧力が零となるように、所定のEGR弁駆動負圧（プリセット負圧）を負圧室に及ぼすことによって、スプリング14dによる閉方向の押圧力とEGR弁駆動負圧とを釣り合わせるようにしている。すなわち、図4に示すように、プリセット負圧は、EGR弁を閉方向に制御しEGR弁リフト量が零に到達した時点のEGR弁駆動負圧である。EGR弁14にプリセット負圧を与えるための具体的な制御フローは図15に示されている。

【0082】すなわち、EGR弁操作量 $Tegr$ が、EGR弁リフト量が零となる操作量であるときは、リフトセンサ19の値 $EGRVlifl$ を読み込む（ステップD1、D2）。この $EGRVlifl$ がEGR弁リフト量零 $EGRV0$ よりも大きいときは、 $EGRV0$ となるまでEGR弁駆動制御を行なう（ステップD3、D4）。つまり、上記EGR弁駆動負圧をプリセット負圧 $EGRV0$ になるまで低下させる。排気還流のためにEGR弁操作量 $Tegr$ がプリセットが零とならない操作量であるときは、通常のEGR弁駆動制御が行なわれる（ステップD1→D4）。

【0083】以上の実施例は、リフトセンサ付きのEGR弁の場合であるが、ステップD2、D3でリフトセンサ19の代わりにEGR弁駆動負圧を検出してプリセット状態を判定したり、図16に示すようにEGR弁リフト量と駆動量とが一定の関係にある場合に駆動量を検出してプリセット状態を判定してもかまわない。ここに、駆動量は、駆動負圧そのもの、又は該駆動負圧を発生させるための負圧制御用電磁弁のデューティ値のいずれであってもよい。

【0084】従って、エンジンが定常運転状態から加速運転状態に移行したときに、加速応答性を高めるために排気還流量を零にしても、EGR弁14にはプリセット負圧が作用しているから、その後に排気還流を再開するときには、 $Tegr$ の増大に応じてEGR弁14が応答遅れをほとんど生ずることなく速やかに開動して、該 $Tegr$ の大きさに対応する予定の開度になる。よって、 $NO_x$ の低減等に有利になる。

【0085】—複数のEGR弁を並列に備えている場合—

図17に示す例は、EGR通路13を途中で分岐させてから再び合流させる構成とし、分岐EGR通路13A、13Bの各々にEGR弁14A、14Bを設けたもので

19

ある。一方の分岐 EGR 通路 1 3 A は通路面積が小さく、そこに設けられている EGR 弁 1 4 A は開度が通電量に応じて連続的に変化するリニア可変バルブである。他方の分岐 EGR 通路 1 3 B は通路面積が上記分岐 EGR 通路 1 3 A よりも大きく、そこに設けられている EGR 弁 1 4 B は通電のオン・オフによって弁本体が開と閉の 2 位置に変化するオンオフバルブである。

【0086】このように、リニア可変バルブ 1 4 A の他にオンオフバルブ 1 4 B を備えている場合の過渡時の制御フローを図 1 8 に示す。すなわち、現在の EGR 弁 1 4 A の負圧値  $P_{egr}$  を負圧センサ 1 8 の出力から読み込む一方、当該過渡時の目標 EGR 弁操作量  $K_{Tegr}$  (図 1 3 のステップ B 7) を用いて、目標とする EGR 弁駆動負圧  $T_{Pegr}$  をテーブル(予めメモリ上に電子的に格納されている  $K_{Tegr}$  と  $T_{Pegr}$  との対応関係を表わすテーブル)から読み込む(ステップ E 1, E 2)。そして、両者の差圧 ( $P_{egr} - T_{Pegr}$ ) が所定値  $T_{Hopen}$  よりも大きいときには、上記オンオフバルブ 1 4 B を閉とし、そうでないときには、これを開とする(ステップ E 3 ~ E 5)。

【0087】従って、エンジンの運転状態が定常状態から加速状態に移行したときは、先に説明したように、加速応答性を高めるために目標とする排気還流量が大から小に切り替わり(定常時  $T_{egr}$  → 過渡時  $K_{Tegr}$ )、 $P_{egr} - T_{Pegr} > T_{Hopen}$  の状態になるが、その際に上記オンオフバルブ 1 4 B が直ちに閉となる。よって、排気還流量の低減が速やかに行なわれることになり、吸入空気量を急増させて加速応答性を高めることができる。また、このとき、リニア可変バルブ 1 4 A は、過渡時  $K_{Tegr}$  に基づいて開度が制御されるため、 $NO_x$  量が過剰に増大することを防ぐことが可能である。

【0088】一方、上記加速判定のないエンジンの定常運転時は、上記オンオフバルブ 1 4 B は開であり、リニア可変バルブ 1 4 A による EGR 通路 1 3 の開度調節によって排気還流量が制御されることになる。従って、エンジンの通常運転時における多量の排気を還流するための EGR 通路断面積は確保される。

【0089】— EGR 弁駆動負圧経路を並列に備えている場合 —

この例では、図 1 9 に示すように、EGR 弁 1 4 の負圧通路 1 5 が通路 1 5 a と通路 1 5 b とに分岐し、通路 1 5 a が電磁弁(リニア開閉弁) 1 7 に接続され、通路 1 5 b にオンオフバルブ 6 1 が設けられている。通路径は、通路 1 5 b の方が通路 1 5 a よりも大きい。

【0090】すなわち、エンジンが加速状態にあるときは、吸入空気量を速やかに増大させるために EGR 弁 1 4 を直ちに閉にすることが要求され、そのためには EGR 弁 1 4 の負圧室を大気圧にすればよい。しかし、電磁弁 1 7 は作動安定性を得るべく大気解放用通路に絞りが設けられているため、負圧大の状態から大気圧状態にな

20

るまでに時間がかかる。そこで、この例では上記オンオフバルブ 6 1 によって EGR 弁 1 4 を速やかに大気圧にすることができるようにしたものである。

【0091】図 2 0 には本例の制御フローが示されている。現在の EGR 弁 1 4 A の負圧値  $P_{egr}$  を負圧センサ 1 8 の出力から読み込む一方、当該過渡時の目標 EGR 弁操作量  $K_{Tegr}$  (図 1 3 のステップ B 7) を用いて、目標とする EGR 弁駆動負圧  $T_{Pegr}$  をテーブル(予めメモリ上に電子的に格納されている  $K_{Tegr}$  と  $T_{Pegr}$  との対応関係を表わすテーブル)から読み込む(ステップ M 1, M 2)。そして、両者の差圧 ( $T_{Pegr} - P_{egr}$ ) が所定値  $T_{Hopen}$  よりも大きいときには、上記オンオフバルブ 6 1 を開とし、そうでないときには、これを閉とする(ステップ M 3 ~ M 5)。

【0092】従って、EGR 弁 1 4 を閉じる要求があり且つ上記負圧差が大きいときは、オンオフバルブ 6 1 が開となるとこによって、EGR 弁 1 4 はその負圧室に通路 1 5 b を介して大気圧又は過給気が供給されることによって速やかに閉弁する。この速やかな閉弁には通路 1 5 b が大径であることも寄与する。

【0093】— 複数の EGR 弁を直列に備えている場合 —

図 2 1 に示すように、EGR 通路 1 3 に 2 つの EGR 弁 1 4 A, 1 4 B が直列配置で設けられており、一方の EGR 弁 1 4 A は開度が通電量に応じて連続的に変化するリニア可変バルブであり、他方の EGR 弁 1 4 B は通電のオン・オフによって弁本体が開と閉の 2 位置に変化するオンオフバルブである。

【0094】加速判定時における排気還流制御のフローは図 2 2 に示されている。すなわち、吸入空気量の偏差  $Q_{err}$  を読み込む一方、燃料噴射量  $F$  及びエンジン回転数  $Ne$  を用いてマップより偏差閾値  $T_{HQerr}$  を読み込む(ステップ F 1, F 2)。この閾値  $T_{HQerr}$  は加速要求度の大小に係るものであり、燃料噴射量  $F$  が多くなるほど、また、エンジン回転数  $Ne$  が低くなるほど、 $T_{HQerr}$  が小さくなるように設定されてメモリ上に電子的に格納されているものである。そして、上記偏差  $Q_{err}$  が偏差閾値  $T_{HQerr}$  よりも小さいときはオンオフバルブ 1 4 B は開のままであるが、偏差  $Q_{err}$  が偏差閾値  $T_{HQerr}$  以上に大きくなると、オンオフバルブ 1 4 B が閉に制御される(ステップ F 3 ~ F 5)。

【0095】従って、加速要求度が高いときには EGR 通路 1 3 がオンオフバルブ 1 4 b によって直ちに閉じられるため、吸入空気量を速やかに増大させてスモークを抑えながら燃料の増量による加速を図ることができる。

【0096】< 噴射量変化係数  $\beta$  による加速判定時の制御 >

— 排気還流制御・燃料噴射量制御 —

これは、図 2 3 に示されており、先の過渡判定で加速状態が判定されたとき、噴射量変化係数  $\beta$ 、燃料噴射量  $F$



21

及びエンジン回転数 $N_e$ を用いて、これらの変化における最適な過渡時目標空燃比 $KTA/F$ を記録した三次元マップを参照し、 $KTA/F$ を読み込む(ステップG1)。この過渡時目標空燃比 $KTA/F$ は、排気還流量を低下させることによって、スモークの発生を抑えながら速やかにエンジン出力を高めることができるように、定常時の目標空燃比 $TA/F$ よりもリーン側に設定されている。この $KTA/F$ は、燃料噴射量 $F$ に応じて低負荷側ほど、また、噴射量変化係数 $\beta$ が大きいほど、さらにはエンジン回転数 $N_e$ が低いほど、それぞれリーン側になるように設定されており、それぞれの変化における最適な目標空燃比が実験的に求められてメモリ上に電子的に格納されている。

【0097】得られた過渡時目標空燃比 $KTA/F$ と燃料噴射量 $F$ とに基づいて過渡時の目標吸入空気量 $TQ$ が算出される(ステップG2)。そして、この $TQ$ に基づいて、先の定常運転時と同様にEGR弁操作量が決定され、排気還流量の速やかな低減制御が行なわれる。

【0098】これにより、過給機7に与えられる排気エネルギーがさらに増大するため、吸入空気量が速やかに増大していった、アクセルペダルの踏込みに対する加速の応答遅れ、所謂ターボラグが防止される。

【0099】一方、アクセルペダルの踏込みによって燃料が増量すると空燃比がリッチになっていくため、それだけスモークの低減の面では不利になる。そこで、燃料の増量を一時的に抑制すべくその増量に一定の制限を与える。すなわち、燃料噴射量 $F$ とエンジン回転数 $N_e$ のマップより限界空燃比 $LimitA/F$ を読み込む(ステップG3)。この限界空燃比 $LimitA/F$ は、スモークの発生を抑えるためのものであり、且つその限界スモーク量は定常時の限界スモーク量よりも多くしている。例えば2BU程度のスモーク量となるようにするものであり、この程度であれば、エンジンの出力トルクの増大に支障はない。

【0100】上記定常時の目標空燃比 $TA/F$ 、過渡時の目標空燃比 $KTA/F$ 及び限界空燃比 $LimitA/F$ の関係は図24に示す通りであり、基本的には、定常時の目標空燃比 $TA/F$ よりもリーン側に過渡時の目標空燃比 $KTA/F$ が設定され、定常時の目標空燃比 $TA/F$ よりもリッチ側に限界空燃比 $LimitA/F$ が設定されている。この限界空燃比 $LimitA/F$ は、基本的には燃料噴射量が多いほどリッチ側に、また、エンジン回転数が高いほどリッチ側に設定することができ、燃料噴射量 $F$ とエンジン回転数 $N_e$ の変化における、実験的に求めた最適な値をメモリ上に電子的に記録している。

【0101】得られた限界空燃比 $LimitA/F$ と現在の吸入空気量 $Q(i)$ とに基づいて燃料噴射量のリミット $FLimit$ が算出され、基本噴射量 $F$ 、リミット $FLimit$ 及び最大噴射量 $Fmax$ のうちの最も少ない値が目標噴射量 $TF$ として設定される(ステップG4、G5)。基本噴射量

22

$F$ は、エンジン回転数 $N_e$ とアクセル開度 $Acc$ とによって一義的に定まる燃料噴射量であり、最大噴射量 $Fmax$ は、当該エンジンの破壊を招かない燃料噴射量の上限值である。

【0102】従って、過渡時に排気還流量が低減しても、燃料噴射量の過度の増大が抑えられるため、スモーク量の過度の増大を抑えながら、加速要求を満たすことができる。

【0103】一排気還流量と燃料噴射量の並行制御ー先の制御は排気還流制御を行ないながら燃料噴射量を制限するというものであったが、この並行制御は、燃料噴射量に関しても目標空燃比に基づいて制御するものであり、図25に示されている。

【0104】すなわち、先の過渡判定で加速状態が判定されたとき、噴射量変化係数 $\beta$ 、燃料噴射量 $F$ 及びエンジン回転数 $N_e$ を用いて、これらの変化における過渡時排気還流制御用の最適目標空燃比 $KTA/F$ を記録した三次元マップを参照し、 $KTA/F$ を読み込む(ステップP1)。この過渡時排気還流用の目標空燃比 $KTA/F$ は、先の場合と同様に定常時の目標空燃比 $TA/F$ よりもリーン側に設定されたものである。

【0105】アクセルペダルの踏込みによって燃料が増量すると空燃比がリッチになっていくため、それだけスモークの低減の面では不利になる。そこで、スモーク量の過度の増大を招くことなくエンジン出力を増大させることができる、燃料噴射量制御用の目標空燃比 $KFTA/F$ を燃料噴射量 $F$ とエンジン回転数 $N_e$ のマップより読み込む(ステップP2)。この $KFTA/F$ は、燃料噴射量 $F$ とエンジン回転数 $N_e$ の変化における、実験的に求めた最適な値がメモリ上に電子的に格納されているものである。すなわち、この燃料噴射量制御用の $KFTA/F$ は、上記限界空燃比 $LimitA/F$ と同様に定常時の目標空燃比 $TA/F$ よりもリッチ側に設定されていて、その設定の根拠となる限界スモーク量は定常時の限界スモーク量よりも多い、例えば2BU程度のスモーク量である。

【0106】排気還流制御に関しては、得られた目標空燃比 $KTA/F$ と燃料噴射量 $F$ とに基づいて過渡時の目標吸入空気量 $TQ$ が算出される(ステップP3)。そして、この $TQ$ に基づいて、先の定常運転時と同様に過渡時のEGR弁操作量 $KTegr$ が決定され、排気還流量の速やかな低減制御が行なわれる(ステップP4)。これにより、過給機7に与えられる排気エネルギーがさらに増大するため、吸入空気量が速やかに増大していった、アクセルペダルの踏込みに対する加速の応答遅れ、所謂ターボラグが防止される。

【0107】燃料噴射量制御に関しては、得られた目標空燃比 $KFTA/F$ と現在の吸入空気量 $Q(i)$ とに基づいて過渡時燃料噴射量 $KF$ が算出される(ステップP5)。そして、この過渡時燃料噴射量 $KF$ 及び最大噴射量 $Fmax$ のうちの最も少ない値が目標噴射量 $TF$ として



23

設定される（ステップ P 6）。

【0108】従って、過渡時（加速時）には、スモーク量が角に増大しない範囲で定常時よりも積極的に多くの燃料を噴射することができ、これにより、エンジン出力トルクが上昇するとともに、過給機 7 に与えられる排気エネルギーが増大し、加速性向上に有利になる。

【0109】-VGT制御-

次に上記加速判定時に行なう VGT 過給機 7 の制御について説明する。すなわち、噴射量変化係数  $\beta$  による加速判定がなされたときは、目標トルク  $T_{rqsol}$  及びエンジン回転数  $N_e$  を用い、マップ 51 から目標ターボ効率  $VGT_{sol}$  を読み込む。そして、得られた  $VGT_{sol}$  に基づいて VGT 過給機 7 のフラップ 7b の回動位置、すなわち、 $A/R$  を調節する。

【0110】従って、加速時には、それまでの多量の排気還流によって当該過給機 7 に与えられる排気エネルギーが少なくなっている、上記  $A/R$  が小さくなることによって過給効率が高まり、吸入空気量を増大させて所期の加速性能を得ることができる。

【0111】-燃料噴射時期進角制御-

次に加速時に行なう燃料噴射時期進角制御について説明する。すなわち、このエンジンにおいては、定常時の燃料噴射時期は、MBT よりもかなり遅角した位置に設定され、燃料噴射量の増大に応じて漸次進角するように制御されている。これに対して、噴射量変化係数  $\beta$  による加速判定がなされたときは、この  $\beta$  の大きさに応じて噴射時期が定常時の対応する噴射時期よりもさらに進角される。

【0112】この噴射時期の進角は、それによって着火が遅れることから、燃料と空気の混合が良好になり、急速燃焼を生ずる、という効果を招く。従って、 $NO_x$  が増える一方、スモークは減ることになる。しかし、もとも多量の排気還流によって空燃比がリッチになっており、上述の如く加速時の進角を大きくしても、 $NO_x$  が過度に増大することはない、かえってこの進角制御によってスモークが減るという有利な効果が得られる。

【0113】- $\alpha$  による加速判定時の制御と  $\beta$  による加速判定時の制御との関係-

加速係数  $\alpha$  による加速判定時の上述した各 EGR 弁制御は、噴射量変化係数  $\beta$  による加速判定時に行なうこともでき、また、噴射量変化係数  $\beta$  による加速判定時の上述した VGT 制御及び噴射時期進角制御は加速係数  $\alpha$  による加速判定時に行なうこともできる。

【0114】＜エアフローセンサ 6 と  $O_2$  センサ 9 との使い分け＞

-センサの特性-

エアフローセンサ 6 は、その特性を図 26 に示すように、流量  $Q$  が多くなるに従って検出誤差  $\Delta Q$  が大きくなるが、この  $\Delta Q$  の上昇度は流量  $Q$  の上昇度に比べて小さい。このため、図 27 に示すように、流量誤差率  $\Delta Q/Q$

24

$Q$  は低流量領域では大きいが高流量領域では小さい。これに対して、ポンプ電流発生タイプのリニア  $O_2$  センサ 9 の場合は、図 28 に示すように空燃比が上昇するに従ってその検出誤差率  $E$  が大きくなる。また、 $O_2$  センサ 9 によって求まる吸入空気量は、現在吸気行程に在る気筒のものではなく、吸気行程の時期が数気筒前のものに吸入される空気量である。

【0115】そこで、このような両センサ 6、9 を、各々の利点を十分に生かすことができるように切り替えて各気筒の吸入空気量の測定に使用することになる。すなわち、エンジンの運転領域の如何、並びに両センサの精度比較結果に基づいて、両センサ 6、9 の使用を切り替える。

【0116】-センサの切替フロー-

このフローは図 29 に示されている。先に説明した過渡判定によって過渡（加速状態）が判定されると、エアフローセンサ 6 によって求まる吸入空気量が選択されて図 7 の EGR 弁駆動量切替部 49 において該センサ 6 による EGR 弁制御に切り替えられ、過渡時の排気還流制御（ $A/F$  制御）が行なわれる（ステップ H1～H5）。 $O_2$  センサによる場合は、数気筒前の吸入空気量を検出することになるために応答遅れを生ずるが、エアフローセンサ 6 の出力による場合はそのような遅れがないため、過渡時において排気還流量を速やかに低減させて加速応答性を高めることができる。

【0117】エンジンが定常の運転状態であれば、エアフローセンサ 6 及び  $O_2$  センサ 9 のうち的一方を選択する判定が行なわれる（ステップ H6、この点は後述する）。 $O_2$  センサ 9 が選択された場合には、このセンサ 9 によって検出される  $O_2$  濃度を用い、図 30 に示すような  $O_2$  濃度と空燃比との関係を表わすメモリ上に電子的に格納されたマップを参照して空燃比  $A/F$  が求められ、この  $A/F$  と、これに対応する数気筒前の燃料噴射量とに基づいてそのときの吸入空気量が算出されて、制御に使用すべき吸入空気量が該  $O_2$  センサ 9 による吸入空気量に切り替えられる（ステップ H7～H10）。そして、図 7 の EGR 弁駆動量切替部 49 において  $O_2$  センサ 9 による EGR 弁制御に切り替えられ、定常時の排気還流制御（ $A/F$  制御）が行なわれる（ステップ H11、H12）。

【0118】一方、エアフローセンサ 6 が選択された場合には、制御に使用すべき吸入空気量が該センサ 6 による吸入空気量に切り替えられ、該センサ 6 による EGR 弁制御に切り替えられ、定常時の排気還流制御（ $A/F$  制御）が行なわれる（ステップ H7→H13→H14→H12）。

【0119】従って、定常時にはエアフローセンサ 6 と  $O_2$  とのうちの精度の良い方が用いられるため、所期の制御をするうえで有利になり、また、 $O_2$  センサ 9 が選択された場合でも定常運転時であるから、問題はない。

25

## 【0120】—センサの選択フロー—

このフローは図31に示されている。エンジンの運転状態（エンジン回転数、アクセル開度等）を読み込み、メモリ上に電子的に格納されているマップを参照して吸入空気流量が大の運転領域にあるときはエアフローセンサ6を選択する（ステップJ1～J3）。図27から明らかなように、吸入空気流量大のときは、エアフローセンサ6の検出誤差率が小さいから、吸入空気流量を精度良く検出することができ、また、この検出結果に基づいてリアルタイムで制御を実行することができる。

【0121】図32には当該運転領域の判定に使用するマップが示されている。これは、エンジン回転数及びエンジン負荷の変化における、吸入空気流量小の領域（斜線部分）を示すものであり、実験的に求めて設定されている。基本的にはエンジン回転数が高い領域ではエアフローセンサ6が選択され、エンジン回転数が低い領域ではO<sub>2</sub>センサ9が選択されることになる。

【0122】吸入空気流量が小のとき運転領域にあるときは、エアフローセンサ6の出力に基づいて吸入空気流量における検出誤差AFErrorを図27に対応するマップを参照して読み出す（ステップJ4）。また、O<sub>2</sub>センサ9の出力に基づいてO<sub>2</sub>濃度を読み込み、該センサ9での検出誤差O<sub>2</sub>errorを図28に対応するマップを参照して読み出すが、このO<sub>2</sub>濃度が所定量以上のときは吸入空気量の測定にエアフローセンサ6を選択する（ステップJ5、J6）。

【0123】ここでいうO<sub>2</sub>濃度が所定量以上のときは、空燃比が $\lambda=1$ を越えて所定レベル以上にリーンになった運転領域（例えばA/F $\geq 40$ のとき）であり、このときは図13から明らかなようにO<sub>2</sub>センサ9の検出誤差が大きくなるため、エアフローセンサ6を吸入空気量の測定に選択するものである。

【0124】これに対して、O<sub>2</sub>濃度が所定量未満のときは、両センサ6、9の検出誤差を比較し、エアフローセンサ6の検出誤差の方が小さいときには該センサ6を吸入空気量の測定に選択し、O<sub>2</sub>センサ9の検出誤差の方が小さいときは該センサ9を吸入空気量の測定に選択する（ステップJ7～J9）。従って、低流量領域では吸入空気量の測定に精度の良いO<sub>2</sub>センサ9を使用するのであるが、その場合でも、空燃比が所定レベル以上にリーンのとき、また、当該センサ9の検出誤差が大きいときにはエアフローセンサ6を使用することにより、最適化が図られている。

【0125】但し、上記切替方式に代えて、図33に示すように例えば空燃比がA/F $\geq 40$ のリーンとなるアイドル運転領域ないしは低負荷運転領域においてエアフローセンサ6を用い、かかる運転領域において、特にアイドル運転領域においてNO<sub>x</sub>の低減のために排気還流量を多くすることによって空燃比がリッチ側に移行したときにO<sub>2</sub>センサ9を用いるようにしてもよい。

26

【0126】＜EGR率の気筒間ばらつき解消制御＞この制御は、EGR率の気筒間ばらつきを少なくするものである。

【0127】—EGR率の気筒間ばらつきについて—排気の還流は吸気通路2の管内圧力と排気通路3の管内圧力との差によって生ずる。図1に示すようにEGR通路を1本しか備えていない場合、吸気通路2のEGR通路接続位置での管内圧力及び排気通路3のEGR通路接続位置での管内圧力は、クランク角度の変化によって例えば図34に示すような変化をする。この圧力脈動は、エンジン回転数2000rpmの場合であり、吸気通路側の管内圧力を「In」の記号で表わし、排気通路側の管内圧力を「Ex」で表わしている。この「In」と「Ex」の差圧の変化は図35に示す通りであり、この差圧によって、図36に破線で示すように、排気（既燃ガス）が間欠的に吸気通路に流入する。図36の実線は吸気通路2を流れる吸入空気（還流排気を含む）の流量の変化を表わす。

【0128】エンジン回転数1500rpm及び1000rpmの各々における上記「In」及び「Ex」の変化は図37、図38にそれぞれ示す通りである。図34との比較から明らかなように、「In」及び「Ex」の変化の態様はエンジン回転数によって異なる。各エンジン回転数での差圧の変化をまとめて表わすと図39のようになり、エンジン回転数によって差圧のピーク位置、ピーク高さが異なり、しかも、クランク角度によってピーク高さの逆転が見られる。例えば、180度付近では1500rpmが高く1000rpmが低いが、540度付近では1000rpmが高く2000rpmが低い。

【0129】このため、各気筒のEGR率のエンジン回転数による変化をみると、図40に破線で示すものになる。すなわち、各気筒#1～#4に対するEGR率がエンジン回転数によって逆転する現象を生じている。これが、ここで問題とするEGR率の気筒間ばらつきである。

【0130】—EGR操作量の補正による気筒間ばらつきの解消—

そこで、上記エンジン回転数と各気筒のEGR率との関係に基づいて、このEGR率に関する気筒間の固体差を小さくするためのEGR弁操作量Tegr(i)の補正係数をエンジン回転数に応じて実験的に求めてメモリ上に電子的に格納しておく。そして、エンジン回転数Neを用いて上記補正係数をメモリから演算し、この補正係数に基づいて上記EGR弁操作量Tegr(i)を補正してEGR弁14の制御に用いる。

【0131】これにより、EGR率に関する気筒間の固体差に拘らず、すべての気筒の空燃比を目標空燃比TA/Fに合わせ込むことができ、NO<sub>x</sub>低減とスモーク低減の両立に有利になる。

27

【0132】—複数のEGR管の択一使用による気筒間ばらつきの解消—

図41に示すように、吸気通路2と排気通路3とは、EGR管13A(EGR1)とEGR管13B(EGR2)によって接続され、各々にEGR弁14A(EGR1)、14B(EGR2)が設けられている。このEGR管13A(EGR1)、13B(EGR2)は、吸気通路2に対して互いに吸気の流れ方向に位置をずらして接続され、また、排気通路3に対しても同様に位置をずらして接続されている、互いに独立した通路である。EGR弁14A(EGR1)、14B(EGR2)には各々別個の開度調節手段が設けられていて、互いに独立して制御可能に構成されている。

【0133】EGR率の気筒間ばらつきは、エンジン回転数によって排気脈動や吸気脈動が異なることに起因するが、このような脈動はEGR通路が吸気通路2や排気通路3に対して接続される場所によってその態様が異なる。ここでは、そのことを利用して当該気筒間ばらつきを解消すべく、上述の如く2本の独立したEGR管13A(EGR1)、13B(EGR2)を設け、各々を吸気通路2における吸気脈動の態様が異なる位置に、また排気通路3における排気脈動の態様が異なる位置に接続しているものである。すなわち、エンジン回転数に応じてEGR管13A(EGR1)、13B(EGR2)を選択して使用すれば(両者の併用を含む)、当該気筒間ばらつきを解消することができる。

【0134】—具体的な制御内容—

図42に示すように、エンジンの運転領域を所定のエンジン回転数 $N_e$ -EXCを基準としてそれよりも低い領域N1と高い領域N2とに区分し、低領域N1においてEGR管13A(EGR1)を用い、高領域N2においてEGR管13B(EGR2)を用いるようにする。また、エンジン回転数に基づく当該切替にヒステリシスTHN1、THN2を設ける。

【0135】すなわち、図43に示すように、エンジンの定常運転時において、始めは現在の領域をN1としてエンジン回転数 $N_e$ を読み込む(ステップK1、K2)。現在領域がいずれかを判断するが、現在領域はN1であるから、領域切替のエンジン回転数 $N_e$ -HYS1をヒステリシスの上限にセットする(ステップK3、K4)。そして、上記エンジン回転数 $N_e$ がヒステリシスの上限よりも高いときは領域をN2にセットし、EGR管13A(EGR1)を主制御に供し、EGR管13B(EGR2)を従制御に供する(ステップK5~K7)。主制御及び従制御の意味は後述する。当該エンジン回転数 $N_e$ がヒステリシスの上限以下のときは、領域はN1のままとしてEGR管13B(EGR2)を主制御に供し、EGR管13A(EGR1)を従制御に供する(ステップK8)。

【0136】一方、ステップK3における領域判断がN2であれば、領域切替のエンジン回転数 $N_e$ -HYS2をヒステリシスの下限にセットする(ステップK3→K9)。そして、上記エンジン回転数 $N_e$ がヒステリシスの下限より

28

も低いときは領域をN1にセットし、EGR管13B(EGR2)を主制御に供し、EGR管13A(EGR1)を従制御に供する(ステップK10~K12)。当該エンジン回転数 $N_e$ がヒステリシスの下限以上のときは、領域はN2のままとしてEGR管13A(EGR1)を主制御に供し、EGR管13B(EGR2)を従制御に供する(ステップK10→K13)。

【0137】ここに、主制御は、吸入空気量に基づいて先に説明した目標空燃比TA/F( $NO_x$ の低減とスモークの低減の両立が図れる空燃比)となるようにEGR弁をフィードバック制御することを意味する。例えば、当該EGR管が閉状態であったときに主制御に移行すると、図44に示すように当該EGR弁の開度が増大して目標開度に収束していく。一方、従制御は、EGR弁をその開度が所定の変化率で全閉まで変化するようにオープン制御することを意味する。

【0138】従って、上記エンジン回転数に基づくEGR管13A(EGR1)、13B(EGR2)の切替により、排気還流に影響を及ぼす脈動特性が変わり、図40に実線で示すように各気筒#1~#4のEGR率の大小がエンジン回転数によって逆転することを避けることができ、且つ気筒間のEGR率の差を全エンジン回転数においてほぼ均等なものにすることが可能になる。

【0139】この実施例では、N1、N2の2つの領域に区分した場合を説明したが、2つの領域に限定されず、複数の領域N1、N2、...Nkに区分した場合も同様である。

【0140】よって、このような気筒間のEGR率の差については、これを気筒間の固体差として扱い、気筒毎の排気還流制御(EGR率の制御)においてその固体差に応じた重みづけを各々の制御量に与えることによって、各気筒のEGR率や空燃比に差を生ずることを避けることができる。すなわち、 $NO_x$ やスモークの発生量が気筒間でばらついてエンジン全体としての $NO_x$ やスモークの発生量が多くなる、という問題を解消することができる。

【0141】なお、図40に実線で示す結果は、エンジン回転数1750rpmで領域を分けてEGR管13A(EGR1)、13B(EGR2)を切替使用した例のものである。また、同図では、各気筒のEGR率の差を明瞭にするため、EGR率のスケールをかなり拡大して描いている。

【0142】また、EGR管の長さやボリュウム(容積)が変わると、EGR率に影響を与える吸気脈動と排気脈動との関係(位相的關係)が変化するため、このことを利用して、上記の場合と同様の制御により上記気筒間ばらつきを解消することもできる。

【0143】図45はEGR管の長さをエンジン回転数の変化に応じて変える場合の通路構成を示す。すなわち、吸気通路と排気通路とに両端が接続された1本のEGR管13は、途中部分が長さの短いEGR管13Aと長いEGR管13Bとに分かれており、その各々に開閉

弁 13a, 13b が設けられており、駆動源 62 により両開閉弁 13a, 13b のいずれか一方を開とすると、他方が閉となるように連動させて、EGR 管 13A と EGR 管 13B とを選択使用して、気筒間ばらつきを解消するものである。この EGR 管 13A と EGR 管 13B との間での切り替えは両管の分岐点に 1 のバルブを配置して連通方向を切り替える方式であっても、各管にバルブを設けてその各々の個別に作動させるものであってもよい。

【0144】図 46 は分岐した 2 つの EGR 管 13A, 13B のうちの一方のみに開閉弁 13a を設け、該開閉弁 13a を開閉させることによって、短い EGR 管 13A のみを用いる場合と両 EGR 管 13A, 13B を用いる場合とに切り替えて気筒間ばらつきを解消するものである。

【0145】また、EGR 管の通路長さを切り替える手段としては、該管の途中に蛇腹その他の伸縮部を設け、該伸縮部の長さを変化させるようなものであってもよい。さらに、EGR 管のボリュームを変える場合には、該 EGR 管の途中にチャンバーを接続し、該チャンバーにその容積を変化させるためのピストンを配置し、このピストンを駆動するようにすればよい。

【0146】＜複数の EGR 管の使用本数の切替＞排気還流の要求量は、エンジンの運転状態その他によって異なる。そこで、図 41 に示すように複数の EGR 管 13A (EGR1), 13B (EGR2) を設けて、エンジンの運転状態に応じて、その使用本数を切り替えるものである。

【0147】－制御の内容－

EGR 管使用本数の切替制御の内容は図 47 に示されている。EGR 併用判断は、エンジンの運転状態に応じて EGR 管 13A (EGR1) 及び 13B (EGR2) を併用するか、いずれか一方を用いるかの判断を行なうものである（ステップ L1）。すなわち、燃料噴射量 F を用いて、それが減少しているときは両 EGR 管 13A (EGR1), 13B (EGR2) を併用し、燃料噴射量 F が減少していない定常運転時並びに加速運転時は両 EGR 管 13A (EGR1), 13B (EGR2) のうちのいずれか一方を選択して使用する。この択一使用は、上述の EGR 率の気筒間ばらつきをなくするための運転領域 N1, N2 による切替制御によって行なう。

【0148】両 EGR 管 13A (EGR1), 13B (EGR2) の併用が判断された場合には併用中フラグをセットし、現在閉じている EGR 管が EGR 管 13A (EGR1) であれば、該 EGR 管 13A (EGR1) の EGR 弁 14A (EGR1) を全開にセットして、EGR 管 13B (EGR2) の EGR 弁 14B (EGR2) を吸入空気量に基づいてフィードバック制御する（ステップ L2～L6）。現在閉じている EGR 管が EGR 管 13B (EGR2) であれば、該 EGR 管 13B (EGR2) の EGR 弁 14B (EGR2) を全開にセットして、EGR 管 13A (EGR1) の EGR 弁 14A (EGR1) を、検出吸入

空気量に基づいて要求開度（目標空燃比 TA/F が得られる EGR 量）となるように気筒毎にフィードバック制御する（ステップ L4→L7, L8）。

【0149】両 EGR 管 13A (EGR1), 13B (EGR2) を併用する運転状態でないと判断された場合には、現在が併用中であり且つ EGR 管 13A (EGR1) の EGR 弁 14A (EGR1) を吸入空気量に基づいてフィードバック制御しているときは、全開になっている他方の EGR 弁 14B (EGR2) の目標開度を全開にセットする（ステップ L9～L11）。そして、この EGR 弁 14B (EGR2) が全開になったときに併用中フラグをリセットする（ステップ L12, L13）。現在が併用中で EGR 管 13B (EGR2) の EGR 弁 14B (EGR2) を吸入空気量に基づいてフィードバック制御しているときは、EGR 弁 14A (EGR1) の目標開度を全開にセットし、この EGR 弁 14A (EGR1) が全開になったときに併用中フラグをリセットする（ステップ L14, L15）。

【0150】従って、排気還流（EGR）の要求量が急増したときに、上記両 EGR 通路 13A, 13B を併用することによって、その要求に見合うように実際の EGR 量を急増させることができる。

【0151】すなわち、図 48 に示すように、減速時、すなわち、アクセルペダルの踏み込みが戻されて燃料噴射量が減少していくときは、EGR の要求量が急増する。これは、空燃比が過度にリーンになって NOx 量が増大することを避けるためである。しかし、同図の中段に示すように、EGR 通路が 1 本であるときには、その EGR 弁をフィードバック制御する関係で実際の EGR 量を要求に見合うように急増させることはできない。これに対して、上記併用制御を行なうことによって、同図の下段に示すように、実際の EGR 量を要求に見合うように急増させることができ、一時的に空燃比が過度にリーンになって NOx が急増することを避けることができる。

【0152】なお、上記例はエンジンの運転状態に基づいて EGR 管の併用判断を行なうようにしているが、排気通路 3 に触媒コンバータ 12 を設けている場合には、これが排気中の微粒子成分等によって目詰りを起こして排圧が上昇し、また、そのような目詰り物が除去されることによって排圧が低下する、というように排圧が変化することがある。また、VGT 過給機との併用の場合においても VGT の可変ベーン的位置によって排圧が変化する。この排圧の変化は EGR 通路による EGR 量に直接影響を及ぼす。従って、例えば、排圧が高いときは 1 本の EGR 管で排気還流制御を行ない、排圧が低いときには複数本の EGR 管で排気還流制御を行なうようにすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】エンジンの全体構成図。

【図 2】EGR 弁及びその駆動系の構成図。

【図 3】EGR 弁の駆動電流と駆動負圧との関係を示す

31

グラフ図。

【図 4】EGR 弁の駆動負圧とそのリフト量との関係を示すグラフ図。

【図 5】VGT 過給機の一部を A/R 小の状態を示す正面図。

【図 6】VGT 過給機の一部を A/R 大の状態を示す正面図。

【図 7】エンジンの制御系の構成図。

【図 8】空燃比と NOx 排出量との関係を示すグラフ図。

【図 9】空燃比とスモーク値との関係を示すグラフ図。

【図 10】制御の全体フローを示す図。

【図 11】エンジンの吸入空気流量の時間変化を示すグラフ図。

【図 12】吸入空気量算出のフロー図。

【図 13】過渡判定のフロー図。

【図 14】EGR 弁操作量算出のフロー図。

【図 15】プリセットを与える制御のフロー図。

【図 16】EGR 弁リフト量と駆動量との関係を示すグラフ図。

【図 17】他のエンジン構成図。

【図 18】EGR 弁並列配置の場合の EGR 弁オン・オフ制御のフロー図。

【図 19】駆動負圧経路を並列に備えている EGR 弁の構成図。

【図 20】駆動負圧経路を並列に備えている EGR 弁の制御フロー図。

【図 21】2つの EGR 弁を直列配置した EGR 通路を示す構成図。

【図 22】EGR 弁直列配置の場合の EGR 弁オン・オフ制御のフロー図。

【図 23】過渡時の燃料噴射量制御のフロー図。

【図 24】定常時の目標空燃比、過渡時の目標空燃比及び過渡時の限界空燃比の関係を示すグラフ図。

【図 25】過渡時の排気還流と燃料噴射の並行制御のフロー図。

【図 26】エアフローセンサの出力と検出流量・検出誤差との関係を示すグラフ図。

【図 27】エアフローセンサの出力と検出誤差率との関係を示すグラフ図。

【図 28】リニア O<sub>2</sub> センサの出力と空気過剰率 λ・検出誤差との関係を示すグラフ図。

【図 29】センサ切替制御のフロー図。

【図 30】排気の O<sub>2</sub> 濃度と空燃比との関係を示すグラフ図。

【図 31】センサ選択制御のフロー図。

【図 32】センサ選択のためのエンジン運転領域判定用のマップ図。

【図 33】センサ選択のための他のエンジン運転領域判定用のマップ図。

32

【図 34】エンジン回転数 2000 rpm での吸気と排気の圧力変動を示すグラフ図。

【図 35】エンジン回転数 2000 rpm での吸気と排気の差圧変動を示すグラフ図。

【図 36】エンジン回転数 2000 rpm での吸入空気量及びそのなかに含まれる EGR 量の変動を示すグラフ図。

【図 37】エンジン回転数 1500 rpm での吸気と排気の圧力変動を示すグラフ図。

10 【図 38】エンジン回転数 1000 rpm での吸気と排気の圧力変動を示すグラフ図。

【図 39】複数のエンジン回転数における吸気と排気の差圧変動を示すグラフ図。

【図 40】従来のものと本発明とに関し各気筒の EGR 率のエンジン回転数による変化を示すグラフ図。

【図 41】他のエンジン構成図。

【図 42】エンジン回転数に基づくエンジン運転領域の区分を示す図。

【図 43】EGR 管の選択制御のフロー図。

20 【図 44】EGR 管切替時の EGR 弁開度変化を示すグラフ図。

【図 45】長さの異なる 2つの通路にバルブを備えた EGR 管の構成図。

【図 46】長さの異なる 2つの通路を備えた EGR 管の他の例を示す図。

【図 47】EGR 管併用制御のフロー図。

【図 48】2本の EGR 管併用時と単一 EGR 管使用時とに関し減速時の EGR 量の経時変化を示すグラフ図。

【図 49】各気筒の EGR 率及び吸入空気量偏差を示すグラフ図。

【符号の説明】

1 4気筒ディーゼルエンジン本体

2 吸気通路

3 排気通路

4 燃料噴射弁

5 コントロールユニット

6 エアフローセンサ

7 VGT 過給機

9 リニア O<sub>2</sub> センサ

40 13 EGR 通路

13A EGR 通路 (又は EGR 管)

13B EGR 通路 (又は EGR 管)

14 EGR 弁

14A EGR 弁

14B EGR 弁

15 負圧通路

16 負圧ポンプ

17 負圧制御用電磁弁

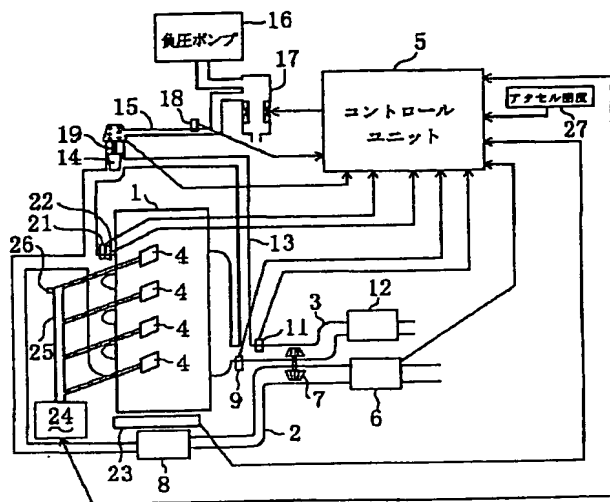
18 負圧センサ

50 19 EGR 弁リフトセンサ

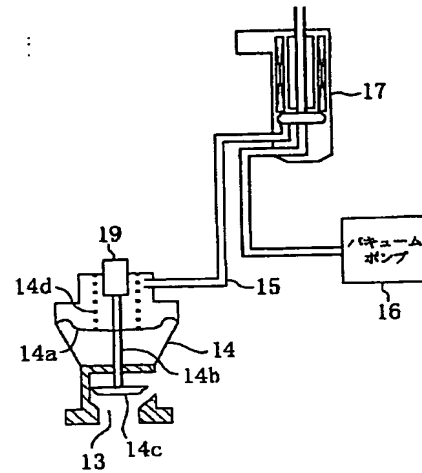
33  
23 クランク角度センサ  
24 燃料噴射ポンプ

\* 27 アクセル開度センサ

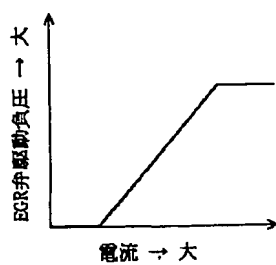
【図 1】



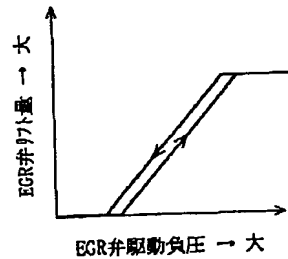
【図 2】



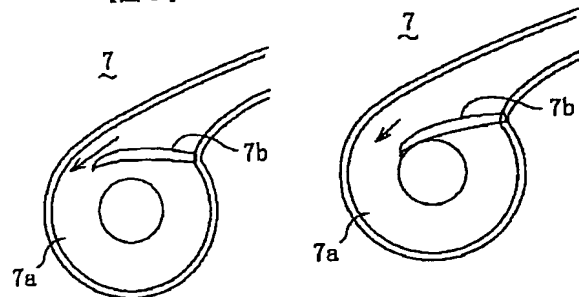
【図 3】



【図 4】

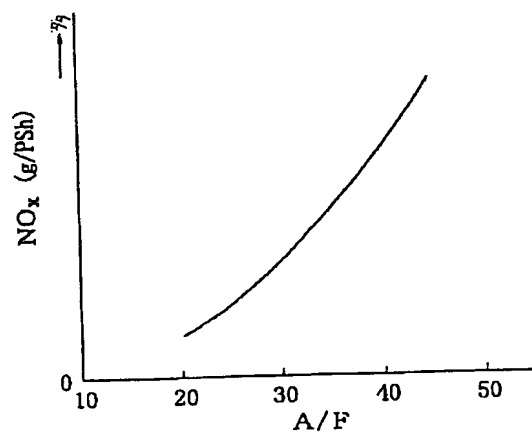


【図 5】

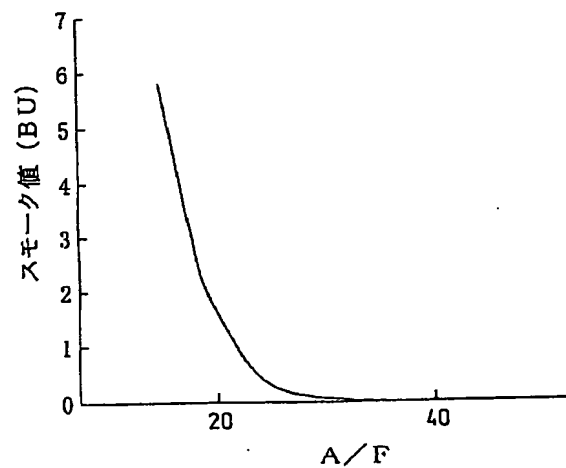


【図 6】

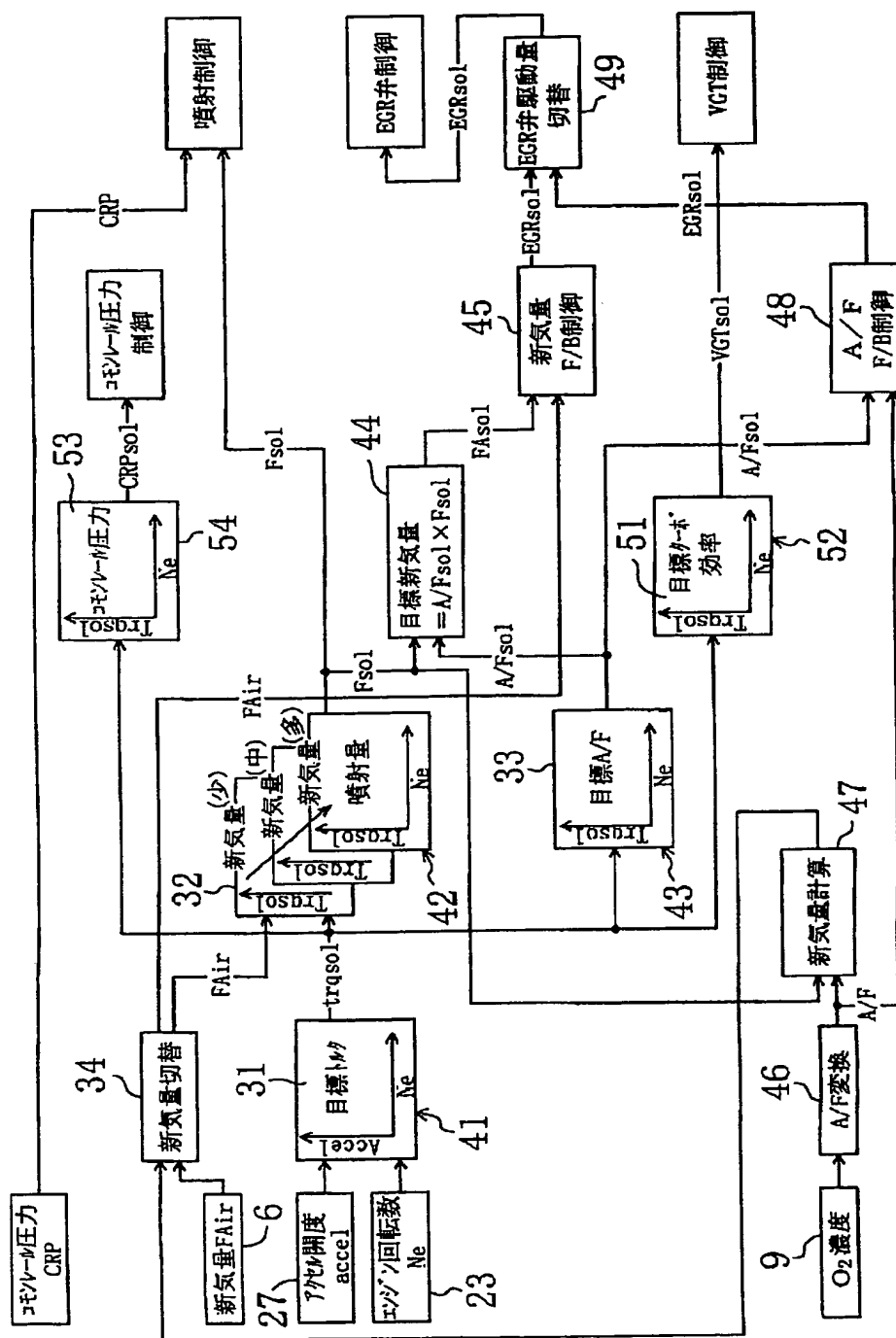
【図 8】



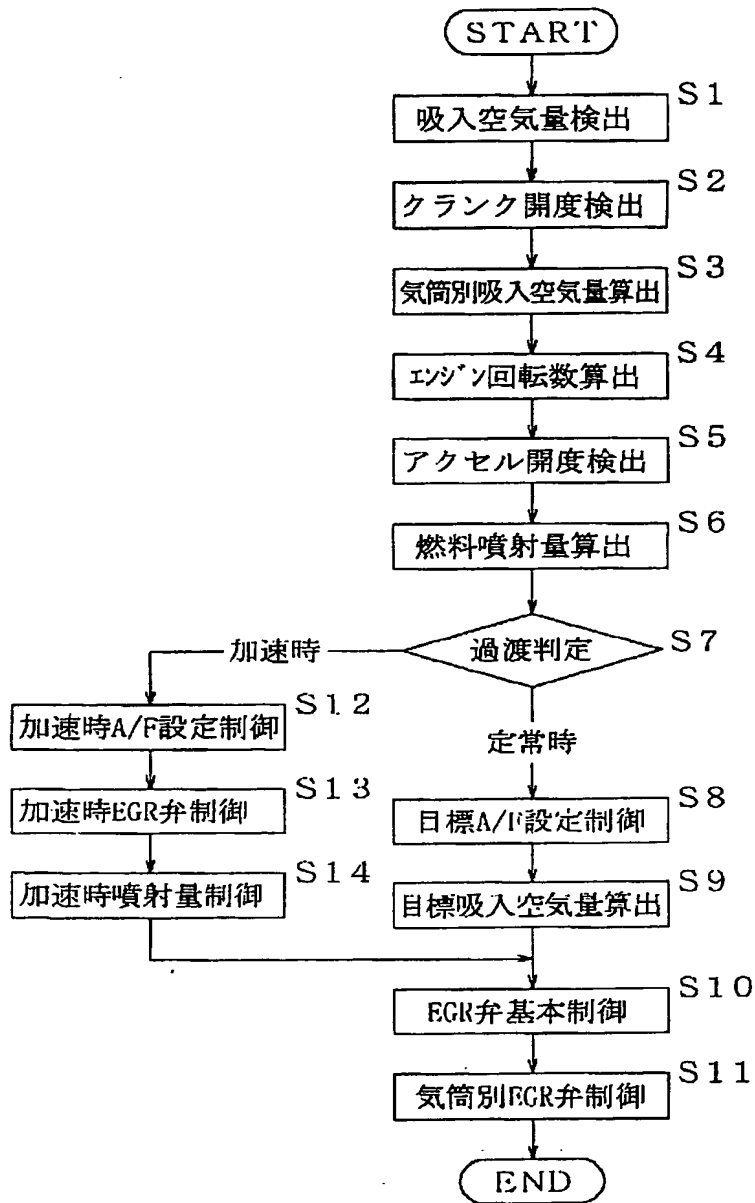
【図 9】



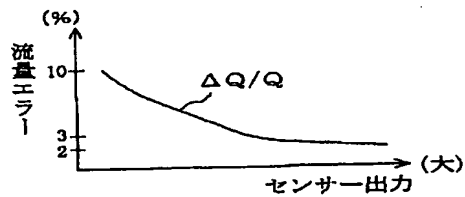
【図 7】



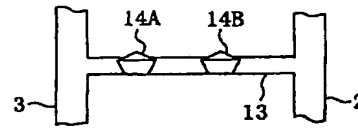
【図10】



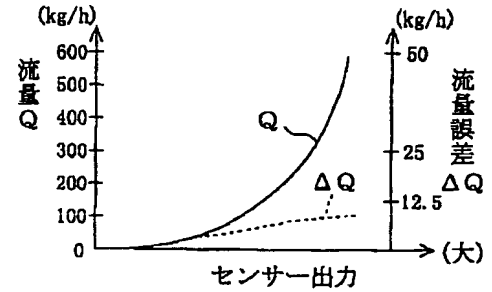
【図27】



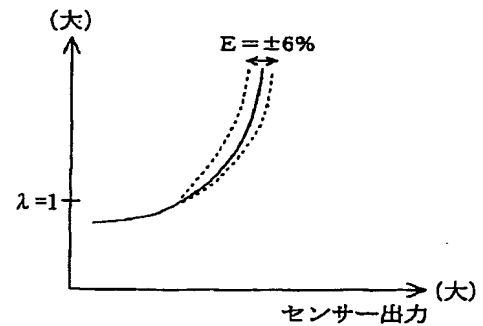
【図21】



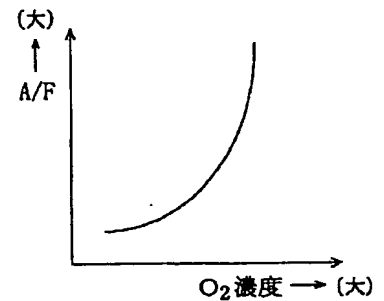
【図26】



【図28】

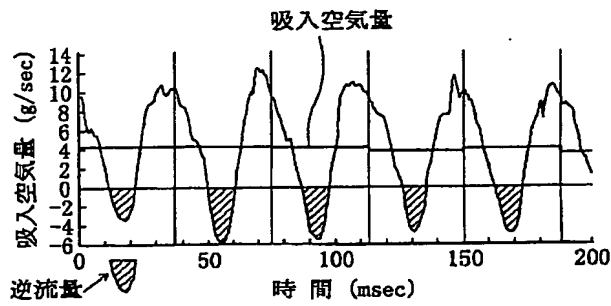


【図30】

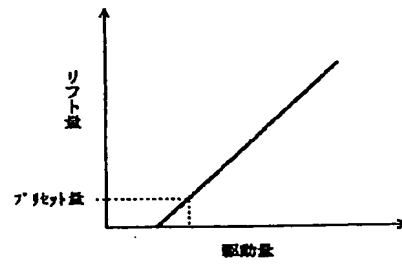




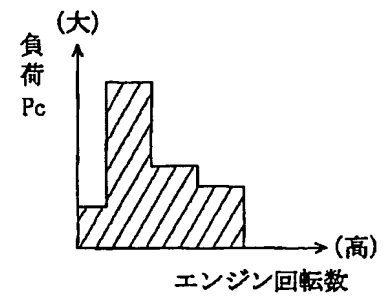
【図 11】



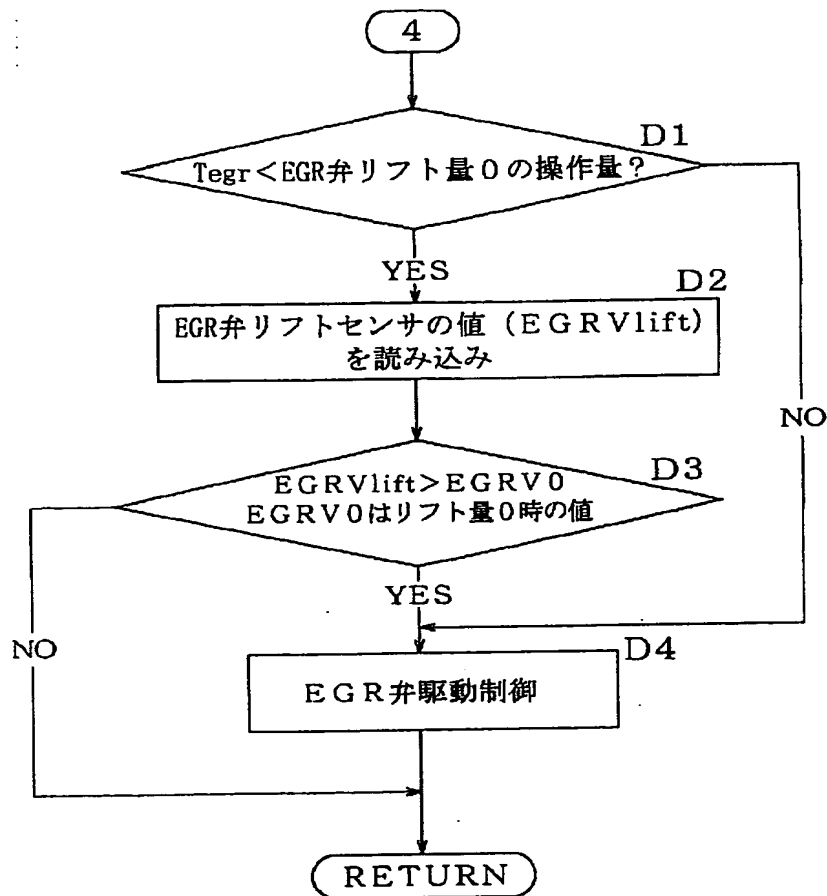
【図 16】



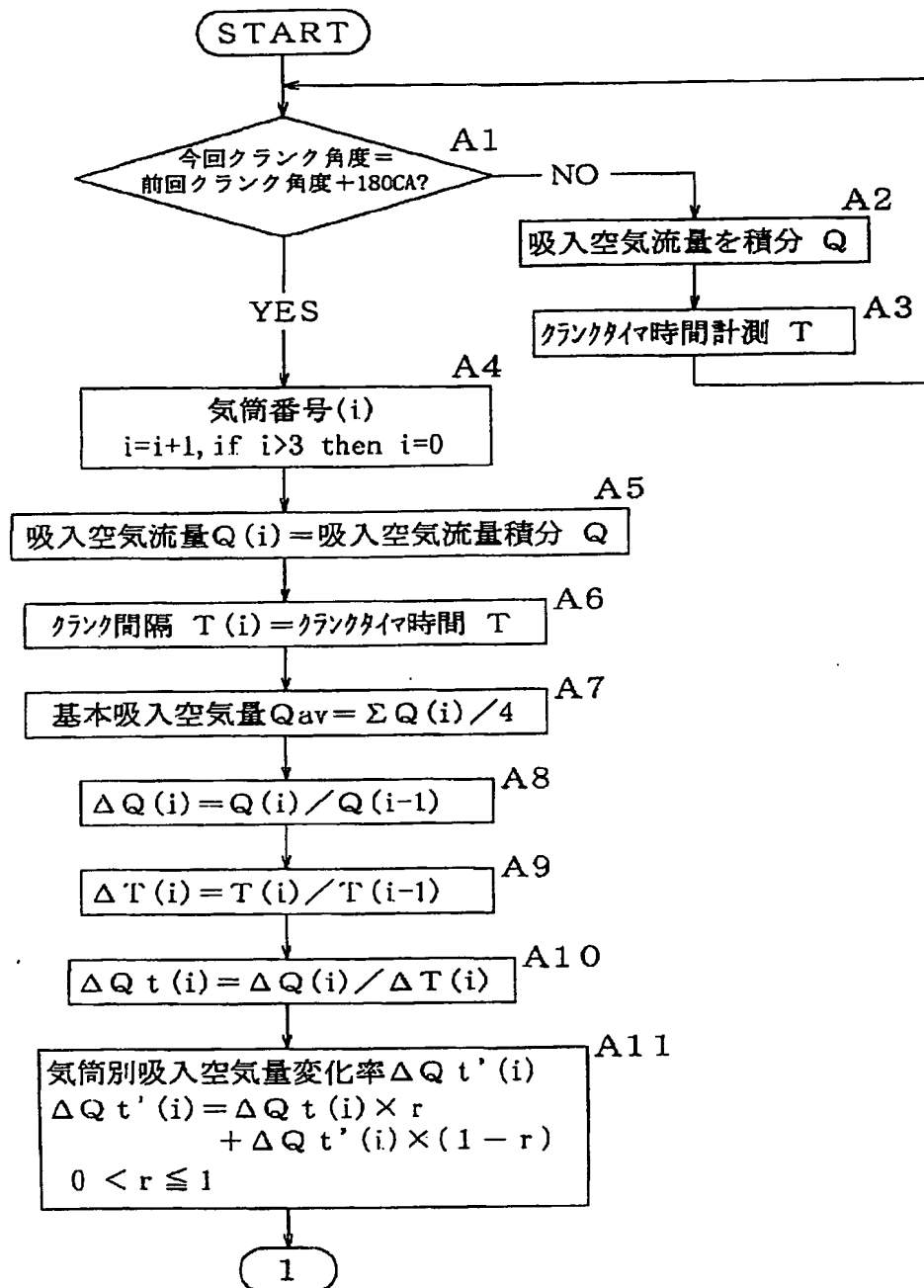
【図 32】



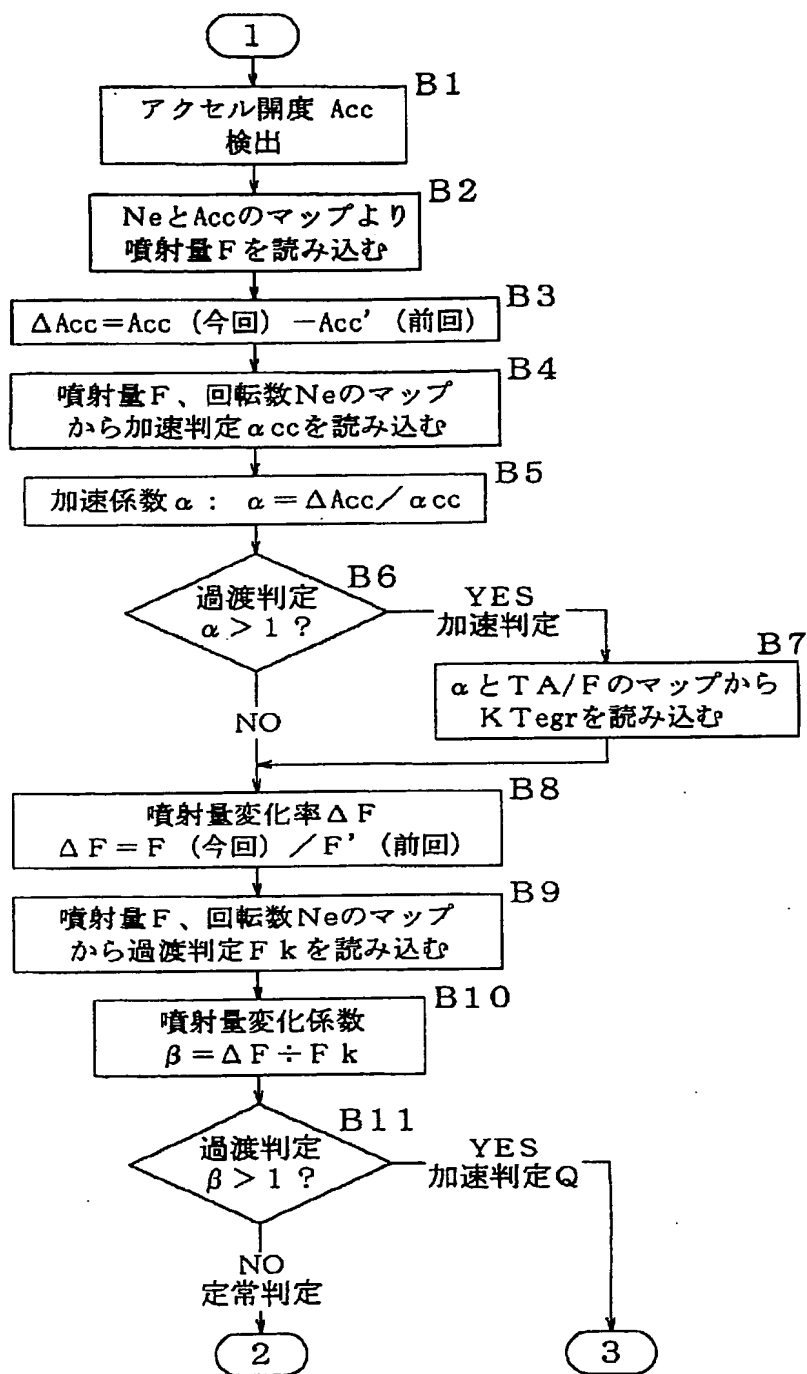
【図 15】



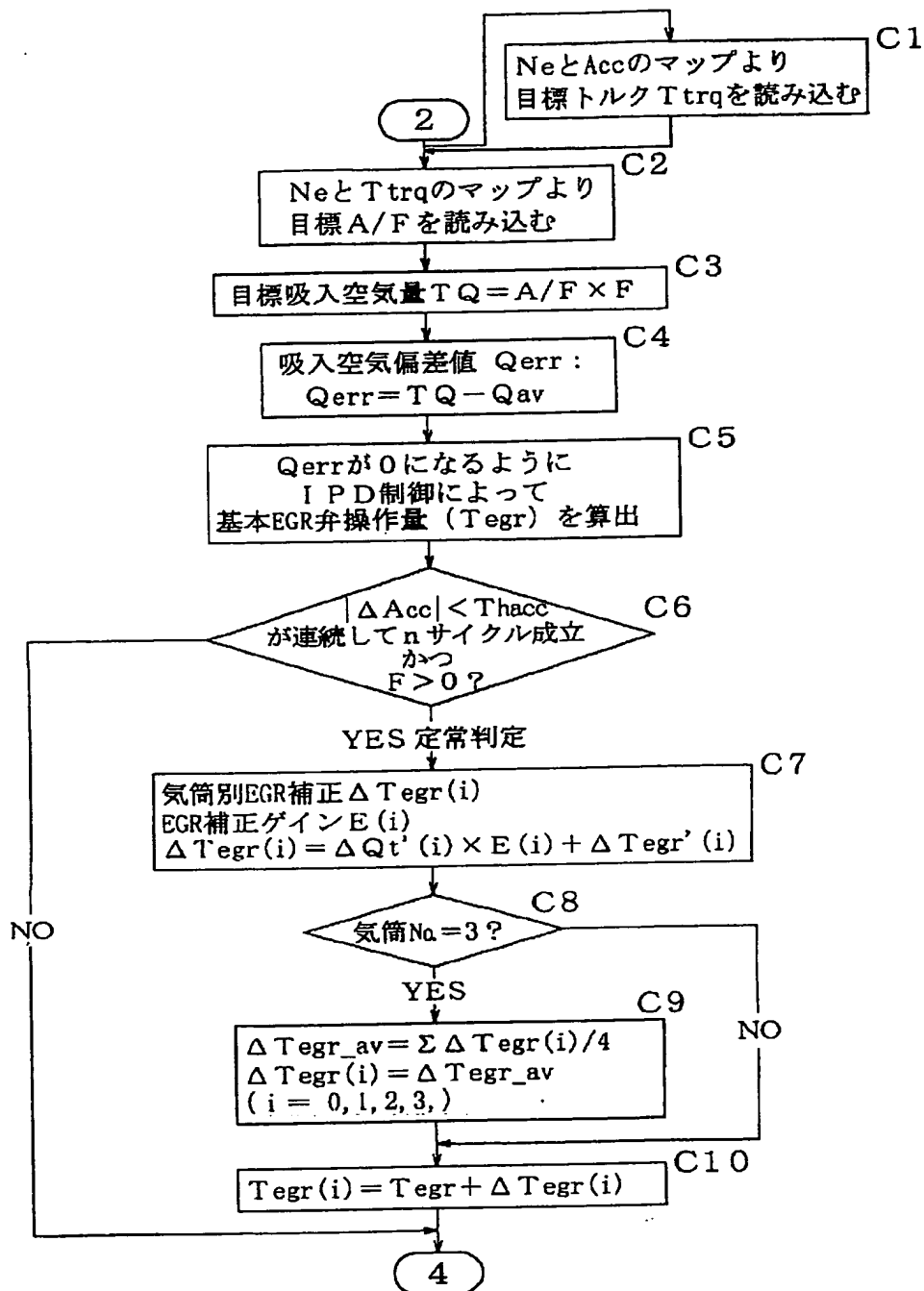
【図 12】



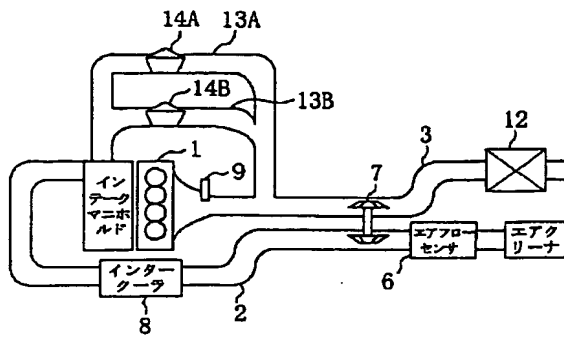
【図 13】



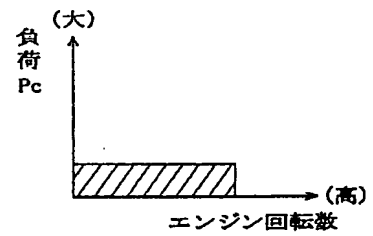
【図14】



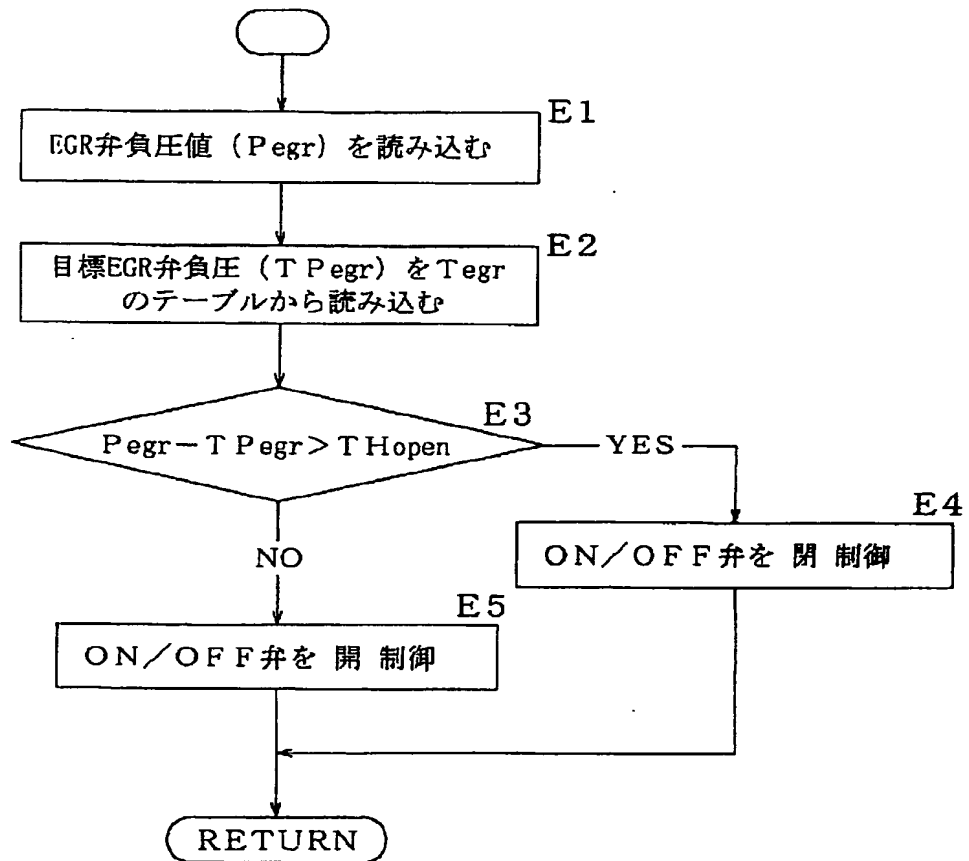
【図 17】



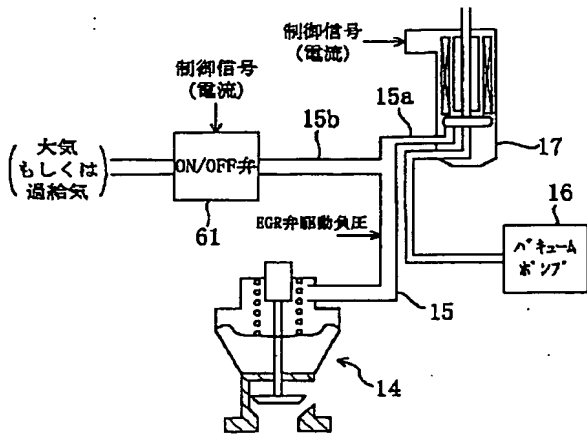
【図 33】



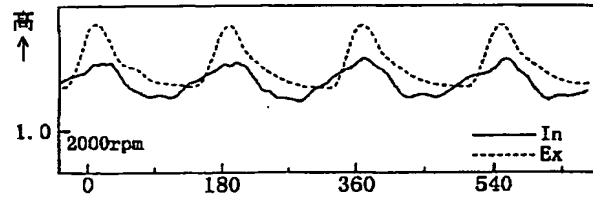
【図 18】



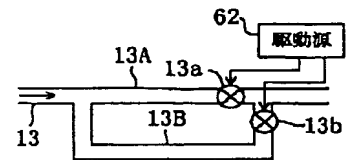
【図19】



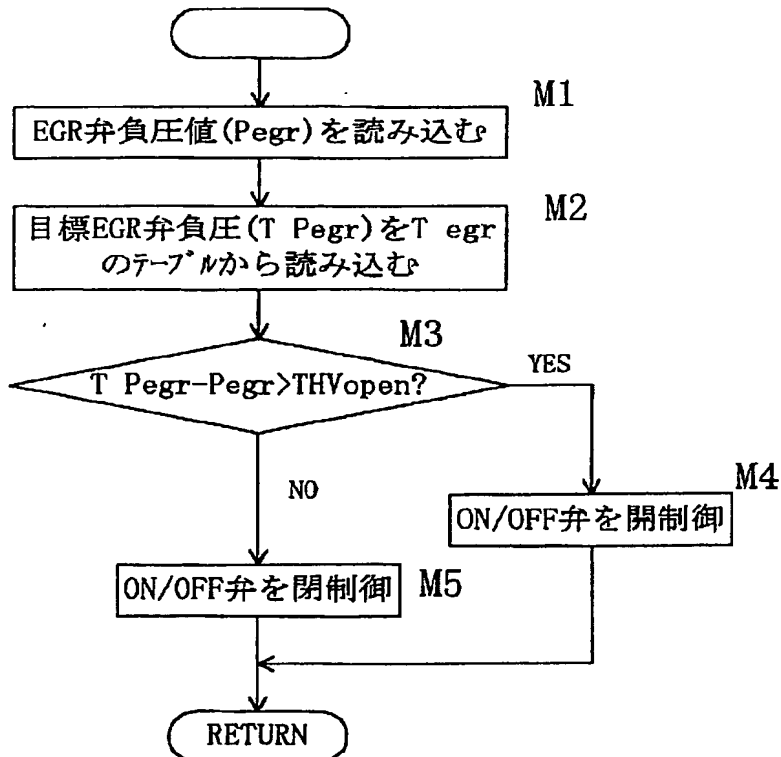
【図34】



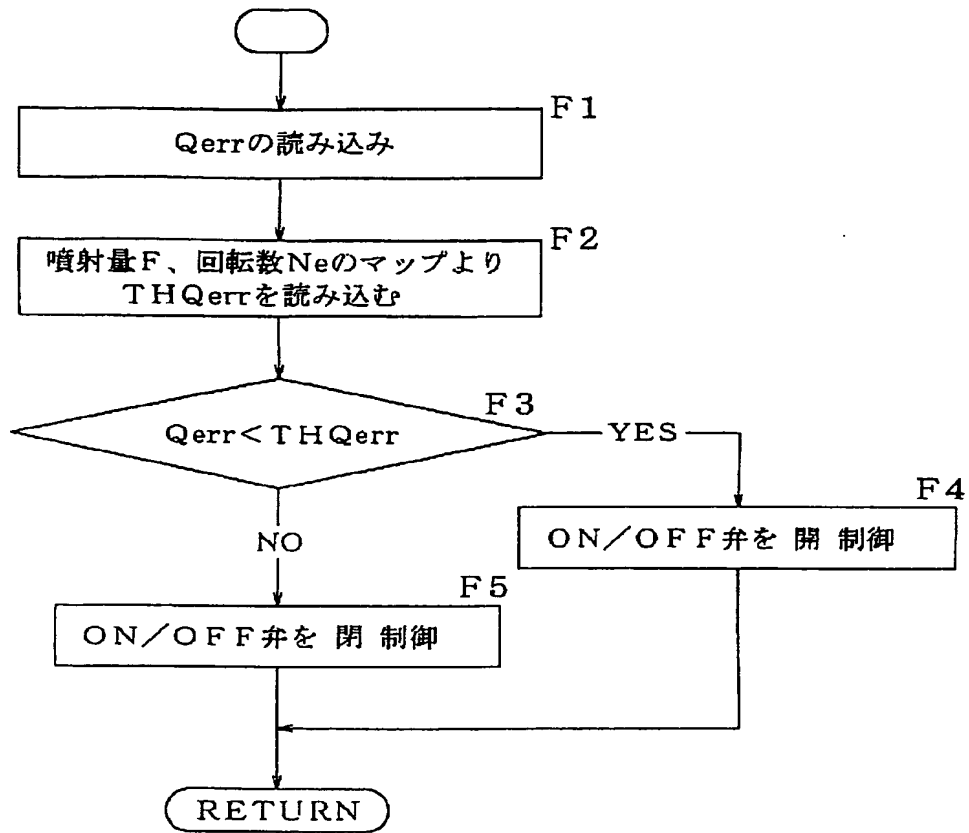
【図45】



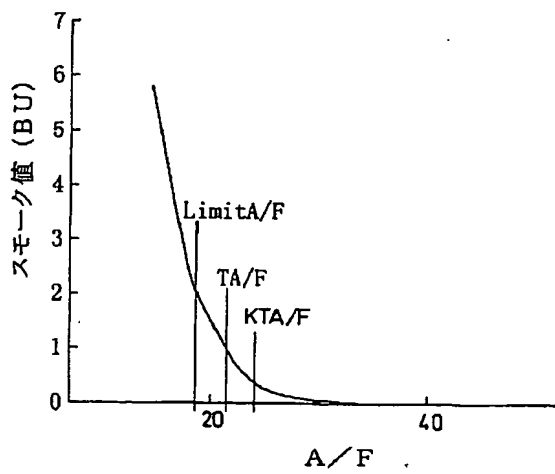
【図20】



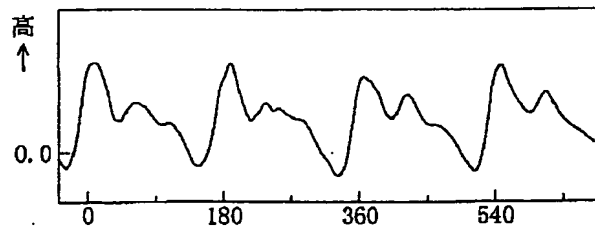
【図22】



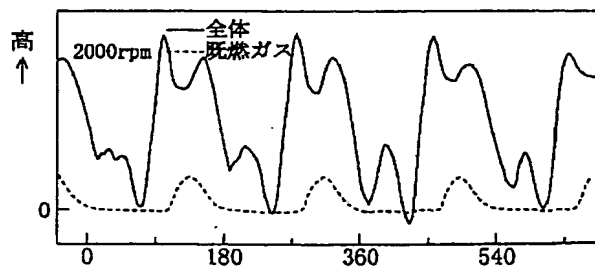
【図24】



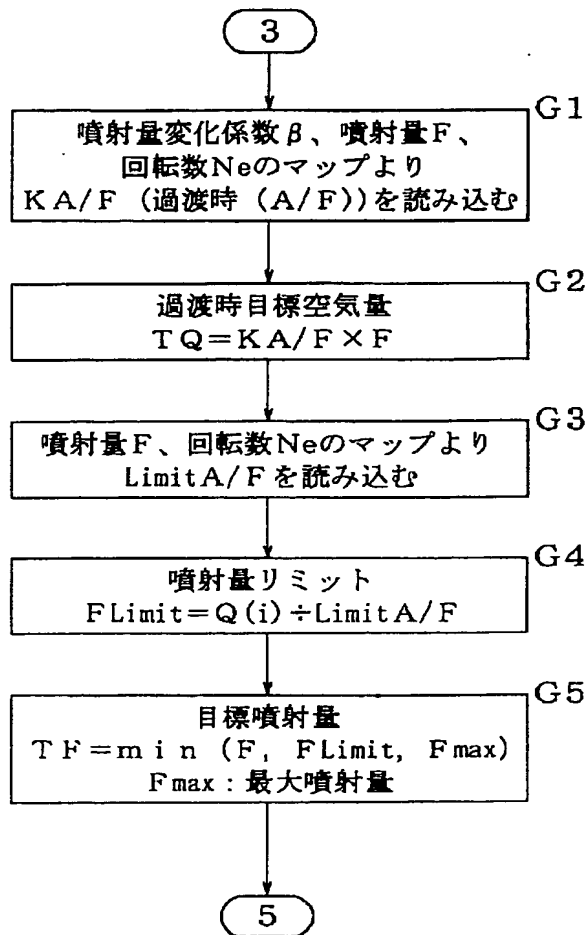
【図35】



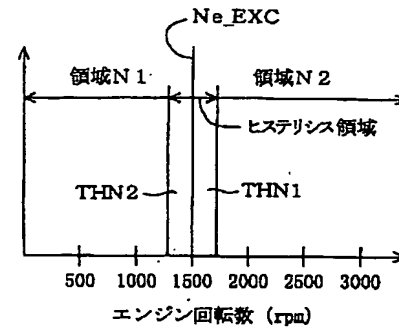
【図36】



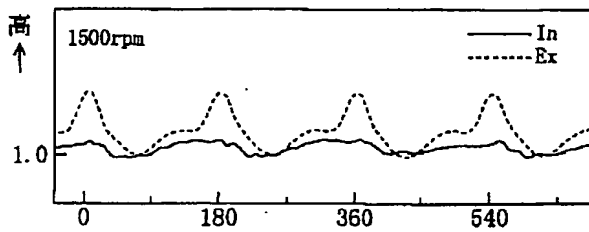
【図23】



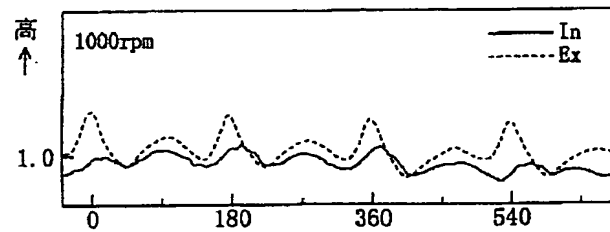
【図42】



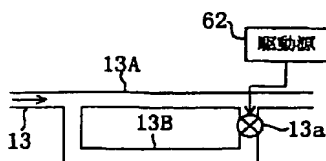
【図37】



【図38】

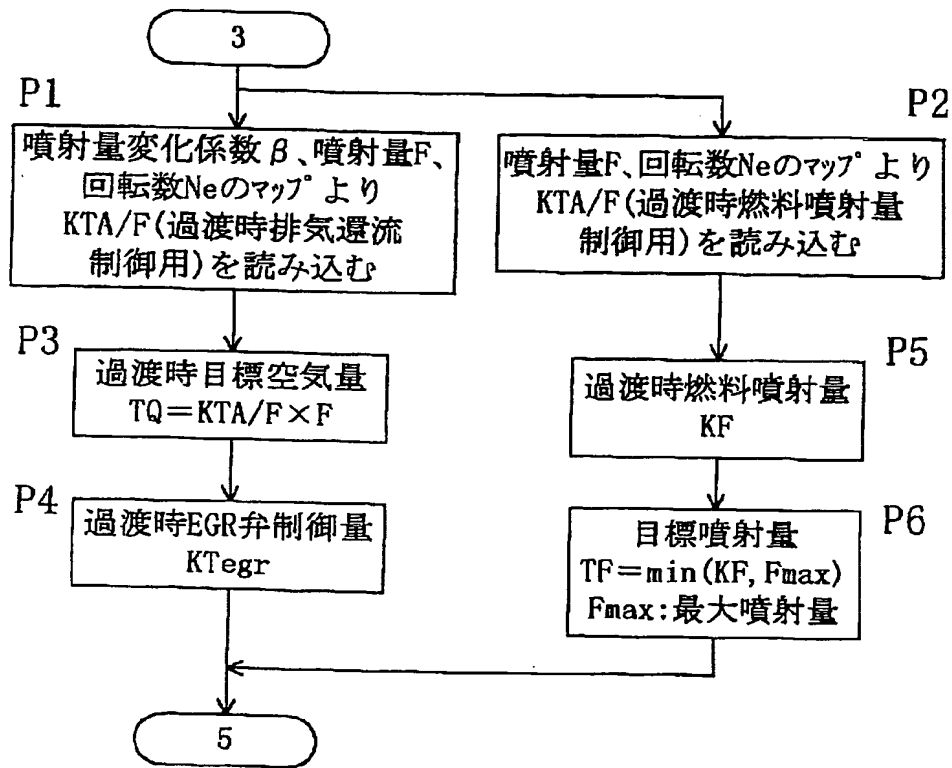


【図46】

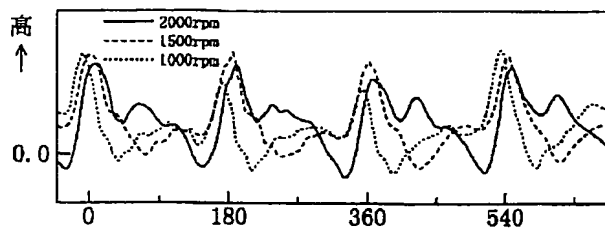




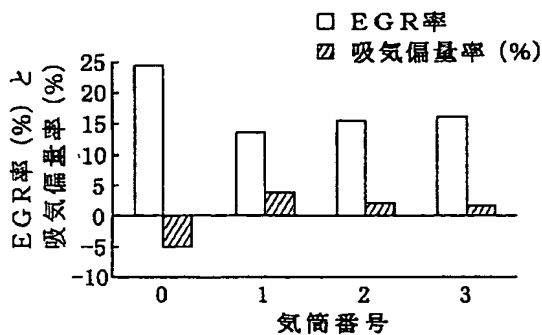
【図25】



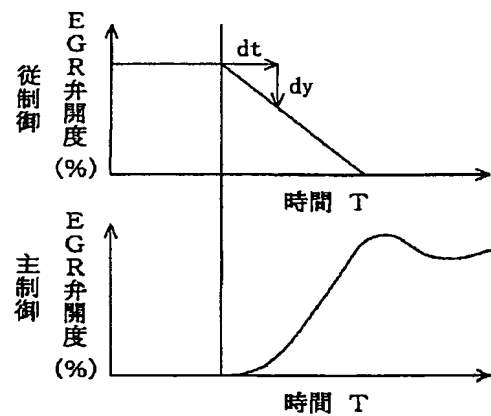
【図39】



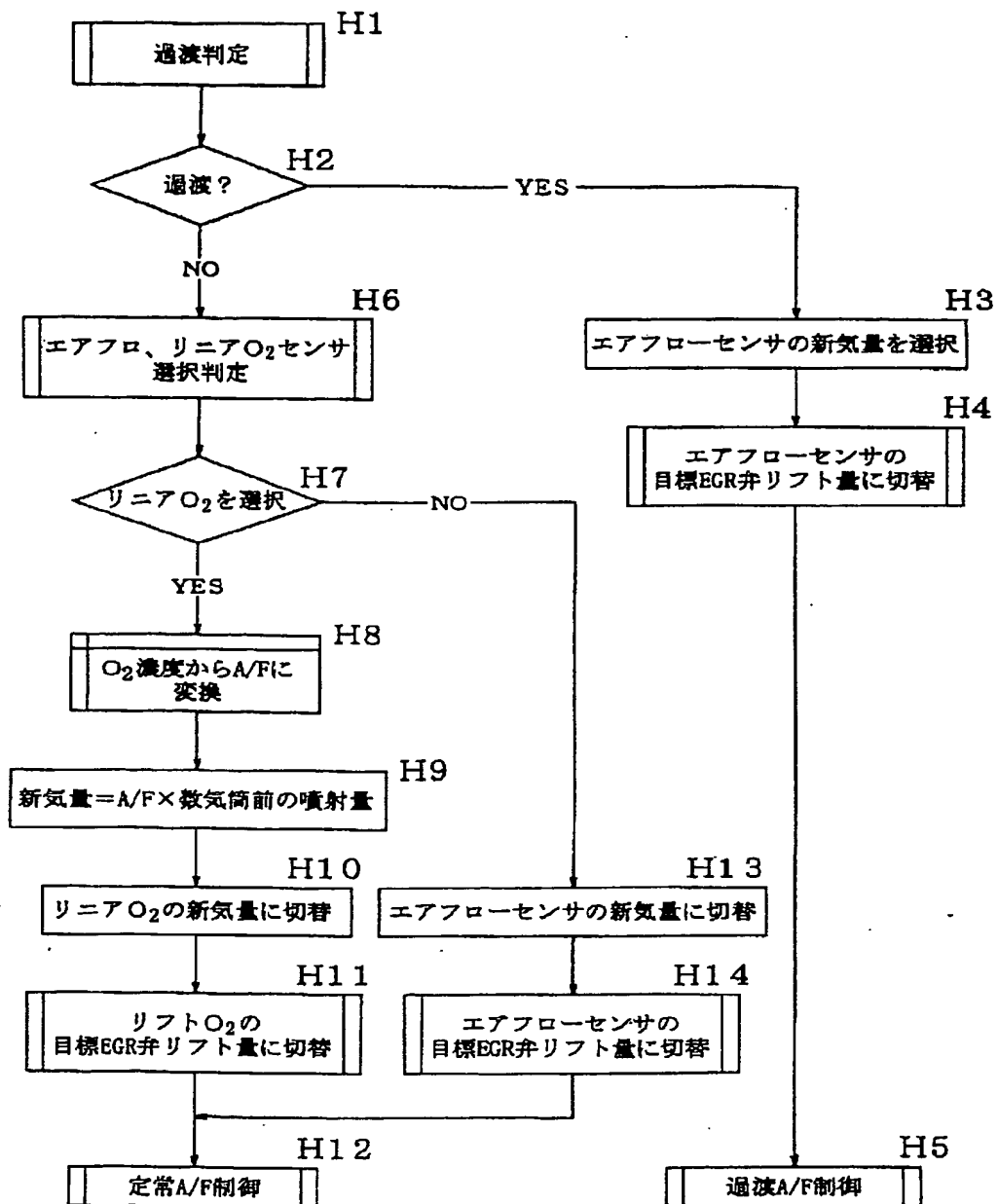
【図49】



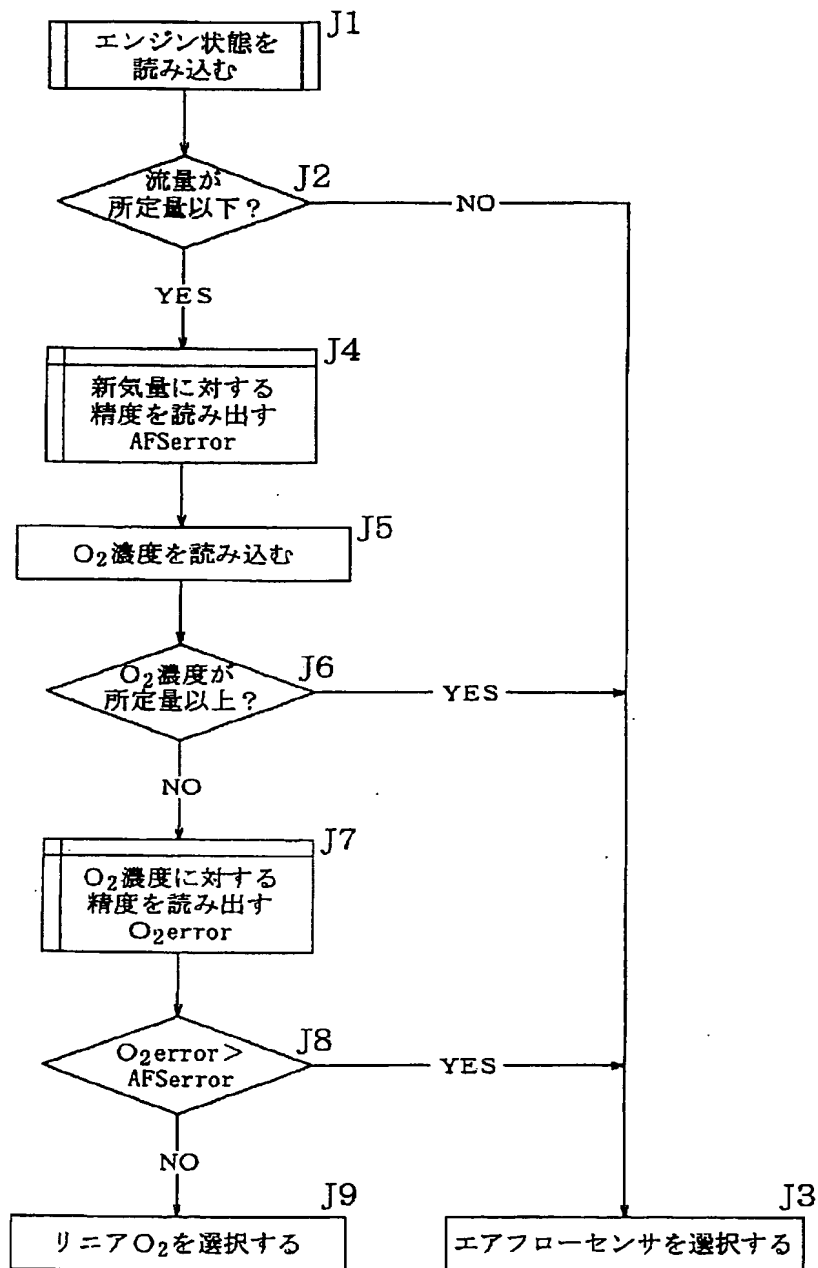
【図44】



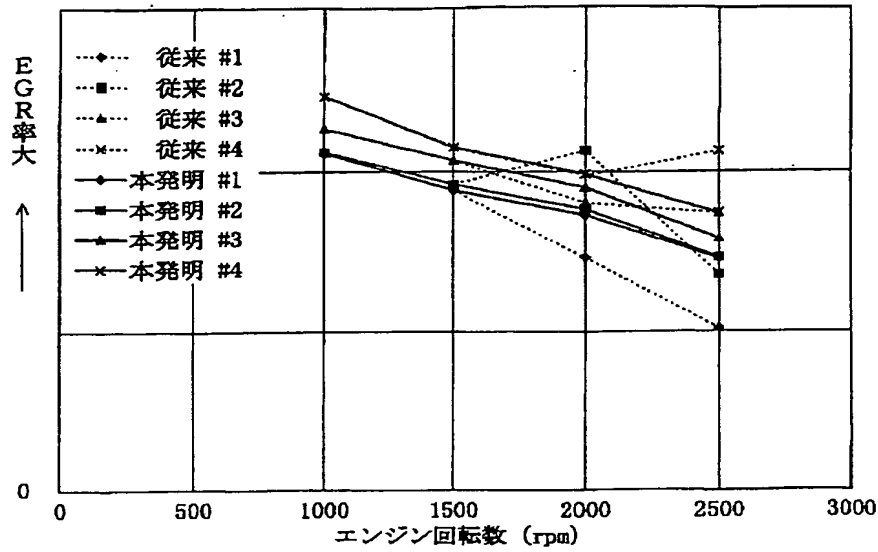
【図 29】



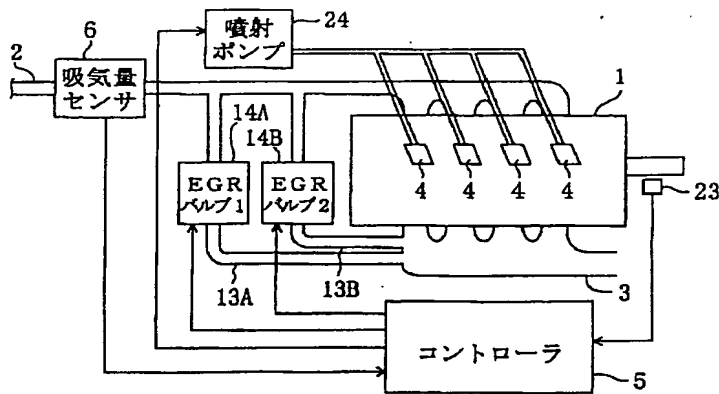
【図 3 1】



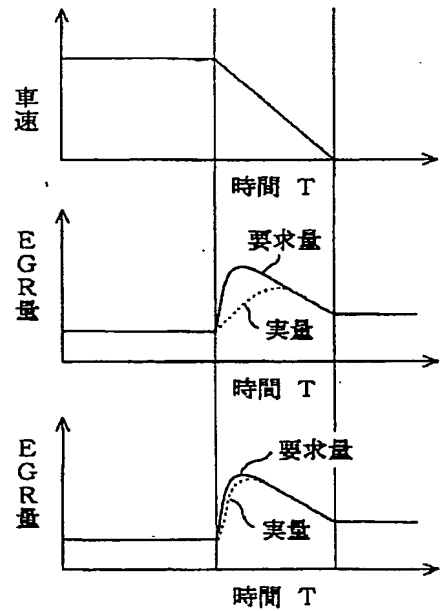
【図 40】



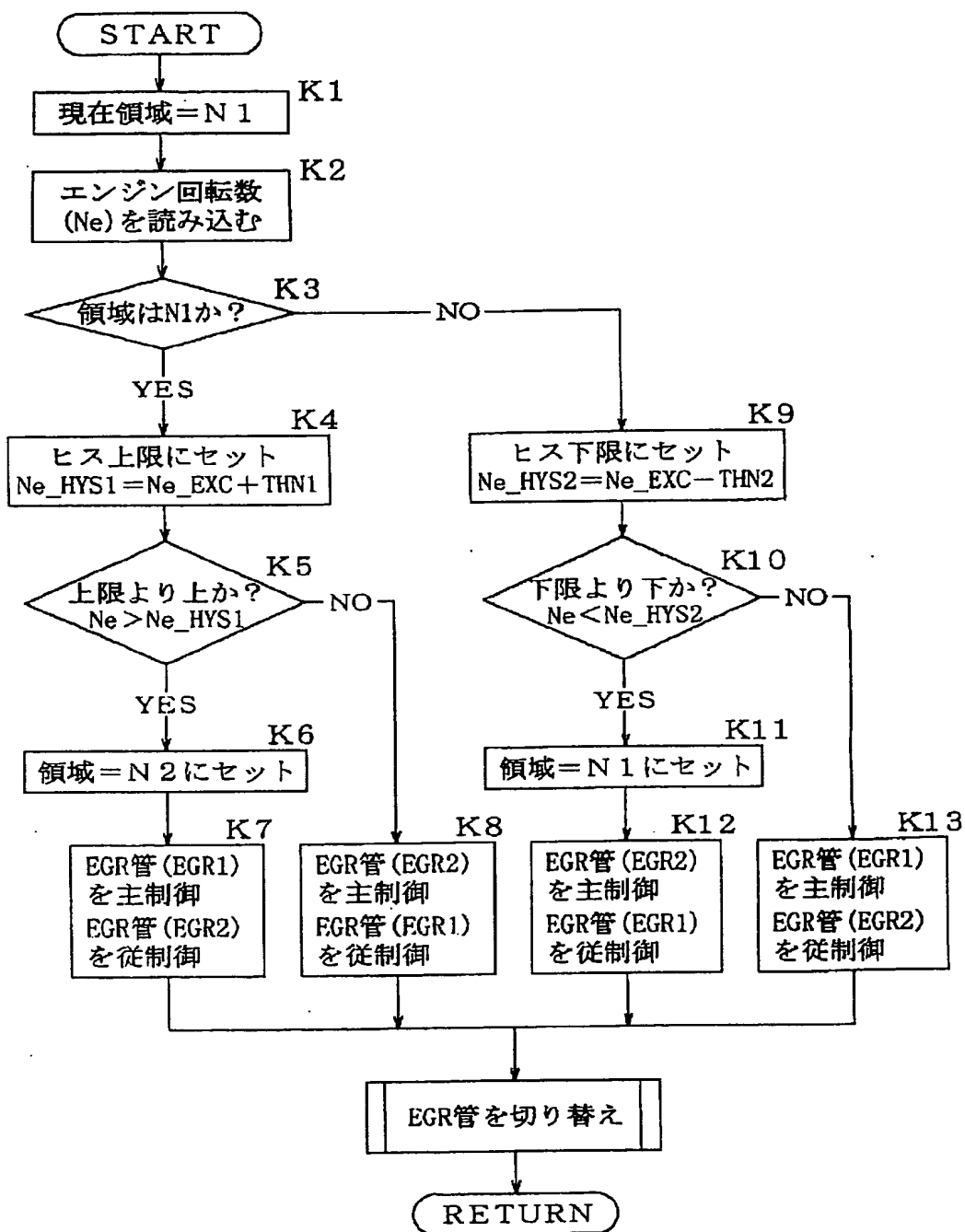
【図 41】



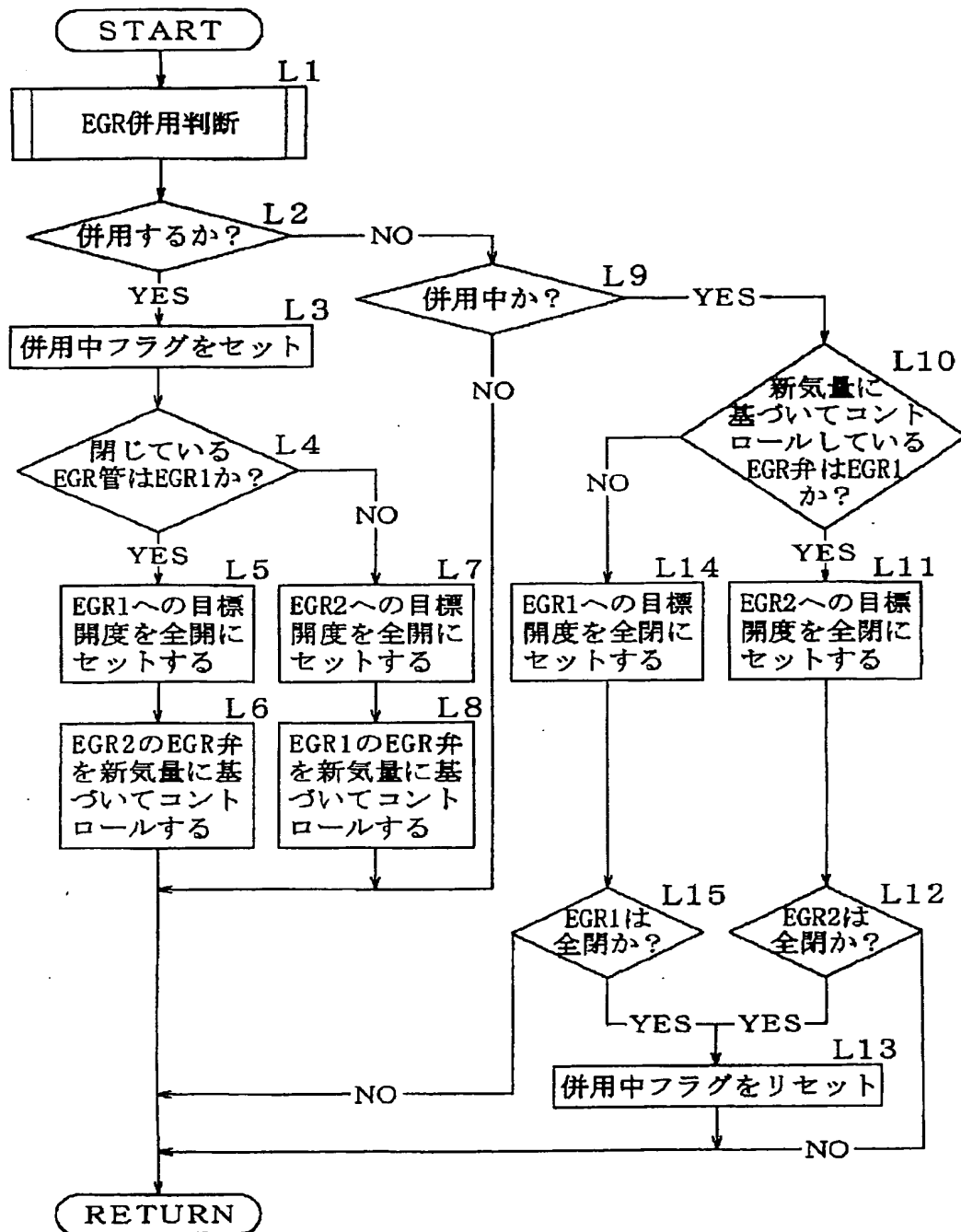
【図 48】



【図 4 3】



【図47】



## フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6	識別記号
F 0 2 D 23/00	
23/02	
41/02	3 0 1
41/14	3 1 0
43/00	3 0 1

F I	
F 0 2 D 23/00	E
23/02	A
41/02	3 0 1 A
	3 0 1 D
	3 0 1 E
41/14	3 1 0 C
43/00	3 0 1 N
	3 0 1 H

(72) 発明者 飯田 克義  
広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ  
株式会社内

(72) 発明者 荒木 啓二  
広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ  
株式会社内